(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109914437 A
(43)申请公布日 2019.06.21

(21)申请号 201910098163.0

(22)申请日 2019.01.31

(71)申请人 西藏俊富环境恢复有限公司
地址 850000 西藏自治区拉萨市城关区北京西路45号天顺小区12幢1202室西藏俊富环境恢复有限公司

(72)发明人 尤金成

(74)专利代理机构 济南舜源专利事务所有限公司 37205
代理人 吕翠莲

(51)Int.Cl.
E02D 17/20(2006.01)
A01G 22/00(2018.01)
A01G 17/00(2006.01)
A01B 79/02(2006.01)
A01G 24/23(2018.01)
A01G 24/20(2018.01)
A01G 24/28(2018.01)
A01G 24/30(2018.01)

权利要求书1页 说明书11页

(54)发明名称

一种边坡防护及植被恢复方法

(57)摘要

本发明提供一种边坡防护及植被恢复方法，采用两层纤维结构，分别为底层和面层；所述底层包括热处理木纤维和生物粘合剂；所述面层包括热处理木纤维和人造互锁纤维。所述底层与面层的厚度比为1:1-2。所述底层的厚度为3-4mm；所述面层的厚度为4-6mm。采用所述方法，施工两小时后，坡面可抵御中到大雨的冲刷。采用所述的方法可以有效防护边坡，保证植被恢复。

CN 109914437 A

1.一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：采用两层纤维结构，分别为底层和面层；所述底层包括热处理木纤维和生物粘合剂；所述面层包括热处理木纤维和人造互锁纤维。

2.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述底层与面层的厚度比为1:1-2。

3.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述底层的厚度为3-4mm；所述面层的厚度为4-6mm。

4.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述底层中的热处理木纤维与面层中的热处理木纤维长度比为1-2:2-3。

5.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述底层：热处理木纤维的质量百分含量为78-85%。

6.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述底层还包括复合菌剂和有机肥。

7.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述底层组分的重量份配比为：热处理木纤维 75-85份、生物粘合剂 1-7份、复合菌剂 1-4份、有机肥3-9份。

8.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述底层中的热处理木纤维为多孔短纤维，长1-2cm，直径0.1-1mm，长度为2cm的纤维含量≥50%。

9.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述面层：热处理木纤维与人造互锁纤维混合物的质量百分含量为80-85%。

10.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述面层的热处理木纤维和人造互锁纤维的质量比为5-6:2-3。

11.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述面层的组分还包括保水剂、高分子聚合物、颗粒微孔基。

12.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：

所述面层组分的重量份配比为：热处理木纤维70-90份、人造互锁纤维30-48份、保水剂4-6份、高分子聚合物12-15份、颗粒微孔基3-7份。

13.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：所述面层中的热处理木纤维：为多孔长纤维，长2-3cm，直径0.1-1mm，长度为3cm的纤维含量≥50%。

14.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：采用所述方法，施工两小时后，坡面可抵御中到大雨的冲刷。

15.根据权利要求1所述的一种边坡防护及植被恢复方法，其特征在于：

采用所述方法一年后，喷播的面层、底层以及0-40cm深度的边坡原土同化为一体结构，明显改良边坡原土的土壤性状，土壤改良后，边坡原土的土壤有机质含量＞5%，孔隙度50%以上，含水量10%以上，生物有效N含量＞140mg/kg，生物有效P含量＞60mg/kg，生物有效K含量＞105mg/kg。

一种边坡防护及植被恢复方法

技术领域

[0001] 本发明涉及护坡方法，涉及一种植物难以生长的土壤环境并且多雨地区的陡坡防护及植被恢复方法，具体涉及矿渣堆场、碎石堆场、修路取土场等土壤环境下而且频繁遭受大雨冲刷的边坡防护及植被恢复方法，尤其是边远地区自然条件恶劣地区的边坡防护，属于环境保护技术领域。

背景技术

[0002] 早期的护坡方法一般包括以下方法：一种方法是，在边坡上直接播种植物种子。这种方式一般适合坡度较缓、土壤条件比较好，而且自然条件也比较好的边坡防护。另一种方法是，先在边坡上覆盖一层客土，在客土的基础上播种植物种子，这种情况下，一般针对原土层贫瘠但是客土资源丰富的地区，如果在土壤资源本身就比较贫瘠的边远地区，比如新疆、西藏或山区等就因为土壤条件差，存在取土不方便的问题，无法实施上述方案。如果上述技术应用在自然条件恶劣的地区，比如经常性大雨天气的地区，存在雨水迅速冲刷边坡的问题和雨水不宜留存的问题，这些早期的技术显然难以有效防护边坡。

[0003] 因此，针对退化严重的边坡，如矿渣堆场、碎石堆场、修路取土场等，恢复难度非常大。这些边坡原土退化严重，矿渣堆场缝隙多，边坡含土量少，保水能力极差；碎石堆场，边坡以碎石为主，含土量少，土质差，养分含量低，植物较难生长；修路取土场的边坡表层土壤被挖走，裸露的生土，含水量、空气孔隙度、氮磷钾含量等都非常低，植物难以扎根、生长。采用普通方法恢复边坡，种子难以生长，客土资源本身就贫瘠，因此难以采用覆盖客土的方法，而且，即使采用昂贵的远距离运输土壤的方法，当然从成本学的角度考虑也难以实施，这些偏远地区和山区，大雨频繁，客土下面的原土层又不容易与客土结合，比如碎石层，因此大雨非常容易将植物种子以及客土等冲走，难以得到有效的植被恢复效果。种子发芽、生根、长大又需要一定的生长周期，在这种恶劣的环境下，存活率非常低。随着护坡技术的不断发展，对于土壤营养条件较差的边坡，采用了将植物种子与纤维、肥料、保水剂等混合后覆盖在边坡表面的以土壤改良为基础的防护技术。这种方法可以给种子或者植物生长提供一定的营养，克服了原有土壤缺乏营养的问题，取得了较好的效果。但对于多雨又干旱的边远地区或者自然条件更为恶劣的山区，因为边坡原土土质贫瘠且多碎石分布，土壤改良层很难与其结合，土壤改良层非常容易被频繁的雨水冲刷而流失，不断流失的土壤改良层显然无法形成种子生长需要的客观条件，植物生存本身就很难，更难以达到护坡所要求的植被覆盖率、成活率。

[0004] 专利CN201710979086.0提供了一种防侵蚀纤维喷播剂及其制备方法和应用，公开了防侵蚀纤维喷播剂，按重量份计包括以下组分：木纤维65～90份、保水剂2～5份、人造互锁纤维10～20份、高分子聚合物5～10份、颗粒微孔基5～10份、凹凸棒粉1～3份、壳聚糖1～3份、粘合剂1～3份、高岭土1～3份和染色剂1～2份。该技术方案延续了使用纤维作为土壤改良主要原料替代客土层并且增加各种营养要素的思路，但是公开的技术方案显示仍然是针对普通边坡的护坡方案，目的是对于土质较好的边坡，获得良好的发芽成坪效果、良好的

防侵蚀有效性和长达18个月的持效期。因为增加了多种营养成分，有利于植物的生长，因此，对于极度需要种子生长良好环境而言，显然是非常有利的。种子在营养物质的培育下，会获得更快的生长速度，有利于形成较好的护坡效果和较快的速度。但是，对于多雨地区的矿渣堆场、碎石堆场、修路取土场等退化严重的边坡而言，尤其是边坡陡度较大的边坡而言，营养物质固然重要。如何防止冲刷才是植物能否得到更好的生长机会以及如何让根系充分生长并扎入原土层实现更好的防护效果的最大难题，原有的增加营养来增加植物生长的思路显然不能解决上述问题。

[0005] 专利CN201710321589.9提供了一种土壤改良剂及其制备方法和应用，土壤改良剂包括以下组分：木纤维、生物炭、腐殖质、多聚糖、海藻精、木霉菌、固氮菌、蘑菇渣、羧甲基壳聚糖、生化黄腐酸钠、硅藻土、贝壳粉和复合芽孢杆菌。通过阅读该专利的说明书我们可以看出，该技术方案显然还是采用富营养的思路，显然富营养的解决思路已经成为行业内优先应用的技术方案和方向性的问题，本行业的技术人员显然更倾向于研究如何增加营养来增加防护效果，显然对于普通的土质较好的边坡是有效的，但是仍然存在上述技术方案的共性问题，虽有一定的改善土壤的理化性质的作用，但应用于多雨地区的矿渣堆场、碎石堆场、修路取土场等退化严重的边坡绿化当中，并不能取得相应的改良效果，也没有提供针对环境恶劣条件下的解决方案和解决思路。

[0006] 专利CN201610229576.4 提供一种垃圾填埋场边坡抗冲刷生态绿化护面及其施工方法，垃圾填埋场边坡上固定覆盖有土工膜，所述土工膜上固定覆盖有三维土工垫，所述三维土工垫内铺设有绿化种籽和土体的混合物。同时也公开了该生态绿化护面的施工方法。解决了垃圾填埋场高污染土体不适合植物生长以及边坡上耕植土体不能维持与无法形成绿色生态护坡的问题。本发明解决了垃圾填埋场高污染土体不适合植物生 长以及边坡上耕植土体不能维持与无法形成绿色生态护坡的问题；土工膜隔绝污染土体、三维土工垫形成耕植土持力层，以给植物提供一个根系生长的健康土壤环境。但该健康土壤环境仅在于客土层，该发明采用土工膜隔绝污染土体，植物在填埋的客土中生长，主要技术手段使通过隔离污染土体，但没有改良原土体，也没有实现客土层与原土层的渗透和融合，这种解决方案，基本沿用传统的方式方法，也就是工程学的方法，通过土工结构，形成有利于植物生长的条件，只不过本方案用来隔绝污染源的土壤，显然，对于本身就贫瘠的环境下，这种方案并没有实际的利用价值，因为有营养的土壤层本身就是极度匮乏，难以找到巨量的优质土源，长距离的运送土壤显然不利于边坡治理工作的有效开展，显然更没有提出或者能够有利于复杂环境下的边坡治理的解决方案和思路。

[0007] 专利CN201610229589.1提供一种生态绿化抗冲刷护岸面及其施工方法，将绿化种籽和土体混合均匀并灌装入土工袋中，灌装完成后密封土工袋口，然后将装有混合料的土工袋沿混凝土护岸面铺设并固定，经过一段时间，绿化种籽可生根发芽并穿过土工袋生长，在混凝土护岸面形成生态绿化抗冲刷护面，解决了既有混凝土河道护岸上耕植土体不能维持无法形成绿色生态护面的问题。该方法采用的种子和土体等混合物明显不具备抗冲刷能力，明显是依靠土工袋给植物生长提供生存的条件。土工袋将种子和边坡原土隔离开了，植物种子只能在土工袋内的土体中生长；显然与专利CN201610229576.4 的解决方案和思路是一致的，其解决方向无非是，底层土壤不能利用包括污染的和水泥层，所以只有利用有价值的营养土壤来替代土壤层。针对这一点我们显然已经得出该行业针对无法利用的底层的

解决方案，但显然并不能够解决多种条件都匮乏的自然环境下的护坡治理。

[0008] 专利CN201410172502.2提供了粉土边坡的玄武岩纤维与聚乙烯醇联合抗冲刷防护施工方法，包括采用粉土、玄武岩纤维、改性聚乙烯醇混合土的三层成层坡面抗冲刷防护层及其设计与施工方法，其中表层防护层：普通喷播或客土喷播植草层。中层防护层：粉土、玄武岩短纤维、含植物营养液的改性聚乙烯醇的混合层。底层防护层：粉土、玄武岩长纤维的混合层。主要针对粉土边坡在降雨侵蚀条件下易发生水土流失现象，施工便捷、造价低廉。该专利主要针对粉土，所谓的粉土是指颗粒较小、易于流失的土壤条件下，在这种土壤条件下，显然能够防止粉土的流失就成为一个问题，因此，本发明显然重点在于防止粉土的流失，在这个问题上，使用了底层粉土、玄武岩长纤维的混合层，该技术虽然没有非常明确的说明粉土的使用量，但是我们还是非常清晰的意识到粉土的大量使用，而非玄武岩纤维的大量使用，玄武岩纤维的使用目的仍然是为了固化粉土，因此采用了长纤维的方式方法，因为长纤维更能够有效地固化粉土，中层仍然采用粉土、玄武岩短纤维、改性聚乙烯醇，在底层长纤维的基础上可以采用短一点的纤维，然后使用了改性聚乙烯醇进行粘结，然后对粉土进行固化，表层采用植草层。该方法所述的三个防护层，主要是针对粉土边坡的土质松散不稳定的情况进行防护；所谓的抗冲刷功能仅仅指的是对粉土层的流失问题，也就是粉土层的被冲刷问题。虽然从粉土层的角度一定程度上解决了粉土层植草层的抗冲刷的现象，但是并没有提供植草层本身抗冲刷的解决方案和思路。该发明解决的技术问题和发明目的以及效果显然是针对粉土土壤条件下。但从植草层的角度来讲，玄武岩纤维、改性聚乙烯醇等物质均属于工业材料，其大量的使用显然对植草层的生长并没有好处。从技术方案也可以看出，其厚度达到几十厘米，如果在边远地区和山区能够得到不管是土壤条件较好还是稍微差一点的土壤都是难以实现的，总体的思路，所谓的抗冲刷，还是利用了大量的原有土壤进行固化，也就是相当于实现了碎石边坡的功能，仅仅是碎石已经不容易被冲刷走的问题，或者是原有的土壤层已经被冲刷的基本消失殆尽的情况下，原有土壤层的抗冲刷已经不是问题，问题是如何能够有利于植物生长，尤其是根系发达的植物，植物的有效生长实现了真正的边坡防护和绿化，因此，本专利显然没有提出针对植草层的抗冲刷的功能和解决思路以及启示，显然是在固化粉土的同时采用了简单营养的技术方案，对本发明特殊环境下的边坡防护显然借鉴意义不大，也没有有益的启示，原有的底层是难以通过物理的手段进行加工改良的，如果能够使用，其成本显然也是巨大的障碍。尤其是让粉土团结的方式实现抗侵蚀，显然不利于植物的生长，对于植被根系的生长以及解决改良层与原土层两层皮的现象和未来改良层与原土层的融合显然带来障碍。

[0009] 综合以上分析和技术方案，我们不难得出启示，本领域技术人员不断地通过增加丰富营养的改良层来实现边坡的治理，这一点显然对于现有的技术体系来讲是容易得到的。另外技术人员通过改良原有的土壤层，比如在水泥上增加土壤袋、固化粉土、隔离污染土的方式。但是，上述技术的使用环境仍然有限，仍然难以克服本发明技术方案所应用的恶劣环境和贫瘠土质条件边坡的防护。无法解决以下问题：偏远地区的土壤匮乏、运输成本极高；边坡条件极差，包括大量碎石等，改造原土层的成本太高；陡度较高，雨水频繁冲刷强度大；雨水不易保留，水土流失较大；土壤改良层厚度大带来的成本较大问题，土壤改良层施工过程中非常容易被冲刷的问题，施工后植物生长期内频繁的冲刷难以保证植物种子根系生长以及整体的覆盖率和存活率偏低的问题。

[0010] 现有技术的方法土壤改良层需要施工较长时间后才具有一定抗冲刷能力，在此期间内强降雨冲刷会将大部分的种子、客土等冲刷掉；从种子到长成植物，再到形成一定规模，需要较长的生长时间；在这期间内，留在边坡上的种子经受降雨的频繁冲刷，植物根系生长缓慢，难以在土质差的边坡上扎根生长，更难以形成植被规模，植被的覆盖度难以达到边坡防护的需求；采用现有技术，由于边坡的土质差，孔隙度、含水率、营养成分等都严重偏低，植物根系无法扎根生长，因此，植物根系只能在改良的客土层中生长；改良土壤与边坡原土无法融合为一体，形成“两层皮”现象，二者无法融为一体；无法长期保持对边坡进行防护。综上所述，现有技术无法从根本上解决偏远多雨地区的矿渣堆场、碎石堆场、修路取土场等退化严重的边坡改良绿化问题。

发明内容

[0011] 针对以上技术问题，发明人团队经历多年研究开发了一种边坡防护及植被恢复方法，要达到以下发明目的：能够适用于偏远、土壤条件和边坡条件较差以及强降雨环境的边坡防护，施工2小时后具备较好的抗冲刷作用。有效保护种子及营养物质不被冲刷掉，保证植物快速生长，成活率高。使护坡及植被恢复结构快速形成，覆盖度达到70%以上。有效防止营养物质被冲刷掉，植物根系深入到边坡的原土中生长，避免形成两层皮现象，进一步提高抗冲刷功能。通过植物根系扎入原土层，能够有效的实现土壤改良层与原土层的融合，有效改良边坡原土的土壤性状。

[0012] 为达到该目的，本发明的技术方案是：

一种边坡防护及植被恢复方法，采用两层纤维结构，分别为底层和面层；所述底层包括热处理木纤维和生物粘合剂；所述面层包括热处理木纤维和人造互锁纤维。

[0013] 所述底层与面层的厚度比为1:1-2；总厚度为6-10mm。

[0014] 所述底层的厚度为3-4mm；所述面层的厚度为4-6mm。

[0015] 所述底层中的热处理木纤维与面层中的热处理木纤维长度比为1-2:2-3。

[0016] 所述底层：热处理木纤维的质量百分含量为78-85%。

[0017] 所述底层还包括复合菌剂和有机肥。

[0018] 所述底层组分的重量份配比为：热处理木纤维 75-85份、生物粘合剂 1-7份、复合菌剂 1-4份、有机肥3-9份。

[0019] 所述底层中的热处理木纤维为多孔短纤维，长1-2cm，直径0.1-1mm，长度为2cm的纤维含量≥50%。

[0020] 所述面层：热处理木纤维与人造互锁纤维混合物的质量百分含量为80-85%。

[0021] 所述面层的热处理木纤维和人造互锁纤维的质量比为5-6:2-3。

[0022] 所述面层的组分还包括保水剂、高分子聚合物、颗粒微孔基。

[0023] 所述面层组分的重量份配比为：热处理木纤维70-90份、人造互锁纤维30-48份、保水剂4-6份、高分子聚合物12-15份、颗粒微孔基3-7份。

[0024] 所述面层中的热处理木纤维：为多孔长纤维，长2-3cm，直径0.1-1mm，长度为3cm的纤维含量≥50%。

[0025] 采用所述方法，施工两小时后，坡面可抵御中到大雨的冲刷。

[0026] 采用所述方法一年后，喷播的面层、底层以及0-40cm深度的边坡原土同化为一体

结构，明显改良边坡原土的土壤性状，土壤改良后，边坡原土的土壤有机质含量＞5%，孔隙度50%以上，含水量10%以上，生物有效N含量＞140mg/kg，生物有效P含量＞60mg/kg，生物有效K含量＞105mg/kg。

[0027] 与现有技术相比，本发明技术方案具有以下有益效果：

(1)本发明解决方案的重心并非本行业技术人员普遍使用的原始底层土壤的改造技术，偏远以及极度匮乏土壤的现实条件下，根本无法对边坡进行结构工程改造，运输成本显然太高，在实际情况下根本不能有效使用。另外，本发明解决方案的重心也并非本领域技术人员常规使用的富营养技术。本发明根本性的去思考困难条件下的边坡抗冲刷问题，如何使边坡抗冲刷成为解决方案的重点，在抗冲刷的前提下如何帮助植物快速生长，实现从施工过程中、施工后的土壤改良层的抗冲刷，保留土壤改良层，并通过植物根系的生长融为一体。也就是抗冲刷的技术有效的保证种子的整个生命周期中的抗冲刷问题。

[0028] 采用本发明方法可快速提高边坡抗冲刷性能，坡面在喷播后2小时即可抵御中到大雨的冲刷。本发明双层抗冲刷结构，面层喷播基质可以很好的保护底层的喷播基质以及植物种子不被雨水冲走；给喷播的种子足够的时间生长并扎根到边坡原土中；底层的喷播基质在提供给种子生长所需的营养、空气、水分的同时，可以很好的下渗到边坡原土中，进一步促进了植物根系的快速发育和延长。这种思路与玄武岩纤维的解决方案完全不同，玄武岩技术种子只能在表面生长，本发明种子根系可以延伸至边坡原土中；玄武岩纤维的分布方式是纤维长度下长上短，本发明采用下短上长纤维布局方式，同时克服了植物纤维易被冲刷的问题，采用本发明纤维与其它成分的配比，以及特定组成结构，植物根系可深入到边坡0-50cm深度的原土中生长。

[0029] 采用本发明方法可快速恢复边坡植被；植物成活率高，成活的植物种子28天后，边坡覆盖度达到70%以上，施用等量的有机肥，植物覆盖度仅为10-32%；播种植物种子28天后生物量达到0.65g/cm^{2}以上，施用等量的有机肥，植物生物量仅为0.02-0.22 g/cm^2。

[0030] 本发明的双层喷播基质，可以在一年内有效下渗到边坡原土中20-40cm，喷播的基质层跟边坡原土同化或融合成一体的熟土结构，植物根系得以快速生长，一年内可使植物根系深入到边坡的原土中生长。通过喷播基质下渗到边坡原土中以及植物根系深入到边坡原土中进一步固定，从而实现渗入式改良，从根本上避免了改良土壤和边坡原土发生“两层皮”的分离问题。

[0031] (2)采用本发明方法，喷播基质层可以与边坡原土同化为一体结构，明显改良边坡原土的土壤性状，改善土壤营养，改良边坡原土。土壤改良后，边坡原土的土壤有机质含量＞5%，孔隙度60%左右，含水量15%左右，生物有效N含量＞140mg/kg，生物有效P含量＞60mg/kg，生物有效K含量＞105mg/kg，土壤结构稳定。

[0032] (3)本发明方法采用的喷播材料可18个月自行分解完，对环境无污染；此时，植物已经可以很好的在边坡上扎根、生长，长期保持边坡植被的稳定。

具体实施方式

[0033] 实施例1一种边坡防护及植被恢复方法

一种边坡防护及植被恢复方法，采用双层纤维喷播结构：

第一层，即底层，为土壤改善营养层，可快速熟化生土。

[0034] 第二层，即面层，为抗冲刷植保层，快速提供强大的抗冲刷覆盖层，同时提供满足植物生长的生长空间和养分。

[0035] 可在两层结构中混入不同比例的植物种子。

[0036] 可对瘠薄土质边坡或山体直接施加底层结构，进行快速土壤改良。

[0037] 实施例2一种边坡防护及植被恢复方法

一种边坡防护结构，包括两层结构，分别为底层和面层；

底层和面层的喷播基质：

(1)底层为热处理木纤维层，所述热处理木纤维的质量百分含量为89%，其他组分含量为11%。

[0038] 所述热处理木纤维层的原料，按重量份计，包括以下组分：热处理木纤维 89份、海藻提取物 3份、复合菌剂 2份、腐殖酸6份；

所述热处理木纤维：为多孔短纤维，长1-2cm，直径0.1-1mm；长度为2cm的纤维含量≥50%；所述热处理木纤维的制备方法：由树皮、碎木等在高温高压条件下热解形成；所述高温高压条件：压力为340千帕，温度为195℃。

[0039] 所述复合菌剂：为白、蓝色颗粒，粒径约0.5mm；由复合菌与基质按照质量比例约1:1混合而成；所述的复合菌由木霉菌、固氮菌、放线菌按1:1:1(含菌数量比)配比复合；所述基质为交联生物多糖聚合物基质。

[0040] 所述海藻提取物：为淡黄色粉末；主要成分为褐藻糖胶、海藻多糖。

[0041] (2)面层为热处理木纤维与人造互锁纤维混合层，所述热处理木纤维与人造互锁纤维均匀混合，形成相互勾连缠结的混合物，所述热处理木纤维与人造互锁纤维的总质量百分含量为83.3%；其中，热处理木纤维和人造互锁纤维的质量比为16:7；

热处理木纤维与人造互锁纤维混合层的原料，按重量份计，包括以下组分：热处理木纤维80份、人造互锁纤维35份、保水剂5份、高分子聚合物13份、颗粒微孔基5份。

[0042] 所述面层中的热处理木纤维：为多孔长纤维，长1-2cm，直径0.1-1mm；长度为2cm的纤维含量≥50%；所述热处理木纤维：由树皮、碎木等在高温高压条件下热解形成；所述高温高压条件：压力为340千帕，温度为195℃。

[0043] 人造互锁纤维100%可生物降解，增加物理抗张强度，并缩短喷施后的愈合时间；

高分子聚合物：100%无毒无污染，优化持水保肥能力，提高粘附效果；

提升了纤维的空间稳定性和结构强度，增加了孔隙度，抵抗雨水冲刷的同时可以保持更多的水分促进植物生长。

[0044] 可根据需要，在两层结构中混入不同比例的植物种子。

[0045] 喷播时，底层和面层混入种子的量均是30-50g/㎡。

[0046] 一种边坡防护工艺及植被恢复方法，具体包括：

(一)底层的喷播方法：

步骤1、坡面进行平整、清理。使坡度基本一致，无明显的凹陷、凸起，坡面上下平顺。

[0047] 步骤2、采用美国进口的Bovie Hydro-mulcher喷播机或液压喷播机，向其储料罐内加1/3体积的水。打开搅拌泵并彻底清洗泵和预湿管道。

[0048] 步骤3、向喷播机储料罐内继续缓慢加水同时加入底层的喷播基质，在水位到达储水罐顶部的75％前完成装载。

[0049] 步骤4、继续加水至罐顶，提升搅拌器至最高速并继续搅拌。喷播基质必须与水充分混合，搅拌时间应不低于10分钟，以便材料中的生物活性物质得到充分激活。

[0050] 步骤5、待材料搅拌好搅拌器降低至最低速度，发动机速率1000-1500转/分；并安装喷嘴，直接将材料喷播到边坡生土表面，喷播厚度为3-5mm左右。

[0051] (二)面层的喷播方法：

底层喷播完成后，在底层上方进行面层喷播；具体步骤如下：

步骤1、在种子喷播前先对植物种子进行浸泡，向喷播机中加入喷播材料和植物种子。植物种子使用量为30-40g/㎡ 。

[0052] 喷播时，混合草籽与喷播基质一起喷播，喷播的厚度控制在3-5mm左右。

[0053] 步骤2、将上述材料机械搅拌均匀，约需30min。确保混合均匀后方可实施喷播；喷播时，控制喷播机的转速在70r/min以下，根据实际需要可调整转速，喷播机的功率20kw。

[0054] 步骤3、喷播完成后，一天内使用无纺布进行覆盖；使用U型铁钉进行压实固定。

[0055] 无纺布为聚丙烯树脂为主要原料，每平米厚度20-30g左右。

[0056] 步骤4、清理现场：已完工作业面，现场不得有任何遗弃的工程材料和工具，施工场地污染处理完毕，无施工垃圾遗留。

[0057] 施工完成后，底层的喷播基质和面层的喷播基质的厚度比为1：1，总厚度为6-10mm。

[0058] 实施例3一种边坡防护及植被恢复方法的多因素分析实验

跟实施例2的方法相同，只改变以下因素，进行实施例3-7；具体如下：

	底层、面层喷播基质的厚度比	底层、面层热处理木纤维的长度	底层中热处理木纤维、海藻提取物的质量比	面层中热处理木纤维与人造互锁纤维的质量比
实施例 3	2:1	底层：0.5-1mm 面层：0.5-1mm	50:3	9:2
实施例 4	1.5:1	底层：0.5-1mm 面层：1-2mm	80:3	10:7
实施例 5	1:1.5	底层：1-2mm 面层：2-3mm	75:7	5:3
实施例 6	1:2	底层：2-3mm 面层：2-3mm	80:19	3:5
实施例 7	1:3	底层：1-2mm 面层：0.5-1mm	40:3	2:9

经试验，采用实施例2-7的方法分别在坡度为H/L 2.5:1的碎石生土边坡上实施，2小时

后，模拟127mm/h降雨量，均匀撒至坡面，共降雨8h；检测喷播基质的流失率，具体见下表：

喷播基质	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	实施例 6	实施例 7
流失率	89%	91%	92.5%	95%	88%	89.5%

由上表可见，实施例5为优选实施例，底层、面层喷播基质的厚度比优选为1:1.5，底层热处理木纤维的长度为1-2cm，面层热处理木纤维的长度为2-3cm，底层中热处理木纤维、海藻提取物的质量比75:7，面层中热处理木纤维与人造互锁纤维的质量比为5:3。

[0059] 实施例8一种边坡防护及植被恢复方法

一种边坡防护结构，包括两层结构，分别为底层和面层；

底层和面层的喷播基质：

(1)底层为热处理木纤维层，所述热处理木纤维的质量百分含量为78%，其他组分含量为22%。

[0060] 所述热处理木纤维层的原料，按重量份计，包括以下组分：热处理木纤维75份、海藻提取物 7份、复合菌剂 2份、腐殖酸6份、山梨糖醇液1份、魔芋粉2份、罗望子多糖胶3份。

[0061] 所述底层中的热处理木纤维：为多孔短纤维，长1-2cm，直径0.1-1mm；长度为2cm的纤维含量≥50%；含孔隙率为80%(体积百分数)。所述热处理木纤维的制备方法：由树皮、碎木等在高温高压条件下热解形成；所述高温高压条件：压力为340千帕，温度为195℃。

[0062] 所述复合菌剂：为白、蓝色颗粒，粒径约0.5mm；由复合菌与基质按照质量比例约1:1混合而成；所述的复合菌由木霉菌、固氮菌、放线菌按1:1:1(含菌数量比)配比复合；所述基质为交联生物多糖聚合物基质。

[0063] 所述海藻提取物：成分为褐藻糖胶、海藻多糖重量配比为3:1。海藻提取物是生物粘合剂。

[0064] (2)面层为热处理木纤维与人造互锁纤维混合层，所述热处理木纤维与人造互锁纤维相互勾连缠结，其中，热处理木纤维和人造互锁纤维的质量比为5:3；

热处理木纤维与人造互锁纤维混合层的原料，按重量份计，包括以下组分：热处理木纤维80份、人造互锁纤维48份、保水剂5份、高分子聚合物13份、颗粒微孔基5份、钙基膨润土1份、氧化石墨烯2份、远红外陶瓷粉2份。

[0065] 所述面层中的热处理木纤维：为多孔长纤维，长2-3cm，直径0.5-0.8mm；长度为3cm的纤维含量≥50%；含孔隙率为84%(体积百分数)。所述热处理木纤维的制备方法：由树皮、碎木等在高温高压条件下热解形成；高温高压条件：所述高温高压条件：压力为352千帕，温度为190℃。

[0066] 所述人造互锁纤维：由椰壳提取物与海藻酸钠、海藻胶按照5:4:1的质量比混合溶解纺丝得到；人造互锁纤维的长度为0.5-1cm，直径为0.05-0.1mm。

[0067] 所述颗粒微孔基：由炭黑、磷灰石粉、高炉渣、粉煤灰、硫酸铵、硅酸钠按照2:5:11:5:7:4。

[0068] 所述保水剂：为L-岩藻糖与田菁胶按照3:5的质量比混合而成。

[0069] 所述高分子聚合物：为聚丙烯纤维，长度为0.2-0.7cm，细度为8D。

[0070] 可根据需要，在两层结构中混入不同比例的植物种子。

[0071] 喷播时，底层和面层喷播的种子的量均是30-50g/㎡。

[0072] 一种边坡防护工艺及植被恢复方法，具体包括：

(一)底层的喷播方法：

步骤1、坡面进行平整、清理。使坡度基本一致，无明显的凹陷、凸起，坡面上下平顺。

[0073] 步骤2、采用美国进口的Bovie Hydro-mulcher喷播机或液压喷播机，向其储料罐内加1/3体积的水。打开搅拌泵并彻底清洗泵和预湿管道。

[0074] 步骤3、向喷播机储料罐内继续缓慢加水同时加入底层喷播基质，在水位到达储水罐顶部的75％前完成装载。

[0075] 步骤4、继续加水至罐顶，提升搅拌器至最高速并继续搅拌。喷播基质必须与水充分混合，搅拌时间应不低于10分钟，以便材料中的生物活性物质得到充分激活。

[0076] 步骤5、待材料搅拌好搅拌器降低至最低速度，发动机速率1000-1500转/分；并安装喷嘴，直接将材料喷播到边坡生土表面，喷播厚度为3-4mm。

[0077] 坡度H/L为2:1的坡面 ，喷播量为270 g/㎡；坡度H/L为2.5:1的坡面 ，喷播量为310 g/㎡。

[0078] (二)面层的喷播方法：

底层喷播完成后，在底层上方进行面层喷播；具体步骤如下：

步骤1、在种子喷播前先对植物种子进行浸泡，向喷播机中加入喷播材料和植物种子。植物种子使用量为30-40g/㎡ 。

[0079] 喷播时，混合草籽与喷播基质一起喷播，喷播的厚度控制在4.5-6mm左右。

[0080] 步骤2、将上述材料机械搅拌均匀，约需30min。确保混合均匀后方可实施喷播；喷播时，控制喷播机的转速在70r/min以下，根据实际需要可调整转速，喷播机的功率20kw。

[0081] 步骤3、喷播完成后，一天内使用无纺布进行覆盖；使用U型铁钉进行压实固定。

[0082] 无纺布为聚丙烯树脂为主要原料，每平米厚度20-30g左右。

[0083] 步骤4、清理现场：已完工作业面，现场不得有任何遗弃的工程材料和工具，施工场地污染处理完毕，无施工垃圾遗留。

[0084] 坡度H/L为2:1的坡面 ，喷播量为380 g/㎡；坡度H/L为2.5:1的坡面 ，喷播量为425 g/㎡。

[0085] 施工后，底层和面层的喷播基质用量分别为：厚度比为1:1.5，总厚度为6-10mm。底层的孔隙率为65%，面层孔隙率为78%。

[0086] 实施例9一种边坡防护及植被恢复方法的效果实验

1、抗冲刷效果检测实验：

选择一坡面，坡度为H/L 2.5:1，将坡面划分为5部分，分别标记为5组，5组坡面，条件一致，无相互干扰；在坡体的5组采取不同处理措施；具体如下：

第1组安置稻草、棉花进行覆盖；

第2组安置双网稻草毯进行覆盖；

第3组安置粘合纤维矩阵进行覆盖；

第4组安置双网细刨花毯进行覆盖；

第5组采用本发明方法进行边坡防护。

[0087] 上述5组措施处理完2小时后，模拟127mm/h降雨量，均匀撒至坡面；24h后监测流失

泥沙的重量作为土壤流失量，连续监测5天，取均值。

[0088] 试验结果为：

第1组：土壤流失量为84647kg/公顷；

第2组：土壤流失量为20203kg/公顷；

第3组：土壤流失量为10015kg/公顷；

第4组：土壤流失量为6781kg/公顷；

第5组：土壤流失量为194kg/公顷。

[0089] 可见，本发明可以明显减少水土流失，抗冲刷效果好，可减少土壤流失量99.77%。

[0090] 、边坡植被恢复效果实验：

选择一处表面无植被覆盖的生土边坡，坡度为H/L 2.5:1。将坡面划分为等面积的2个区域。分别采用市购传统喷播基质进行植被恢复，以及采用实施例8的方法进行植被恢复。施工完成后一年，记录边坡植被恢复情况，具体见表1。

[0091] 表1

	对比例	实施例 8
喷播基质流失量	67%	4%
植物成活率	38%	93.5%
植被覆盖率	33%	90.5%
植被平均高度	8cm	41cm
植被根系平均长度	5.5cm	35cm
根系是否扎入边坡生土中	否	是

由上表可见，采用本发明对生土边坡进行植被恢复1年后，喷播基质流失量减少至5%以内，植物成活率达93%以上，植被覆盖达90%以上，植被平均高度达40cm以上，植被根系平均长度达30cm以上，植被根系扎入边坡生土中生长。

[0092] 经检测，施工完成后一年，边坡土质明显改善，检测坡面以下25-40cm土层的土壤性状，具体结果见表2；

表2

	对比例	实施例 8
土壤有机质含量	3%	9.7%
孔隙度	24%	60.2%
土壤含水量	7%	15.8%
生物有效 N 含量	69mg/kg	147mg/kg
生物有效 P 含量	20mg/kg	65mg/kg
生物有效 K 含量	45mg/kg	109mg/kg

由上表可见，采用本发明施工完成后一年，边坡土质得到明显改良；土壤有机质含量达到5%以上，孔隙度60%左右，含水量15%左右，生物有效N含量＞140mg/kg，生物有效P含量＞60mg/kg，生物有效K含量＞105mg/kg，土壤结构稳定。

[0093] 综上所述，本发明的一种边坡防护及植被恢复方法达到的有益效果如下：改良边坡原土的土壤性状，改善土壤营养，快速改良边坡原土。土壤改良后，边坡原土的土壤有机质含量＞5%，孔隙度60%左右，含水量15%左右，生物有效N含量＞140mg/kg，生物有效P含量＞60mg/kg，生物有效K含量＞105mg/kg，土壤结构稳定。本发明喷播材料可18个月自行分解完。本发明对土壤生境修复效果：播种植物种子28天后覆盖度达到70%，施用等量的有机肥，植物覆盖度仅为10-32%；播种植物种子28天后生物量达到0.65g/cm^2，施用等量的有机肥，植物生物量仅为0.02-0.22 g/cm^2。本发明使边坡快速具备抗冲刷功能，喷播后2小时即可抵御中到大雨的冲刷。植物生长速度快，护坡及植被恢复结构的形成速度快，抗冲刷功能强；可使植物根系深入到边坡的原土中生长，实现渗入式改良，避免改良土壤和边坡原土发生两层皮现象。

[0094] 除特殊说明的外，本发明所述的百分数均为质量百分数，所述的比值均为质量比。

[0095] 最后应说明的是：以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，尽管参照前述实施例对本发明进行了详细说明，对于本领域的技术人员来说，其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。