



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108623248 A

(43)申请公布日 2018.10.09

(21)申请号 201810310536.1

(22)申请日 2018.04.03

(71)申请人 中国农业大学

地址 100193 北京市海淀区圆明园西路2号

(72)发明人 袁林娟 郑颖慧 赵敏 丘靖

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王文君 陈征

(51)Int.Cl.

C04B 28/04(2006.01)

C04B 38/00(2006.01)

C04B 38/08(2006.01)

C04B 111/40(2006.01)

权利要求书1页 说明书10页

(54)发明名称

一种生物炭改性生态混凝土及其制备方法

(57)摘要

本发明涉及建筑材料领域,具体涉及一种生物炭改性生态混凝土及其制备方法。所述混凝土包括基础组分和改性剂,所述基础组分按照重量份计,包括:水泥100份,粗骨料700-750份,粉煤灰10-20份,矿渣20-50份,水30-50份;所述改性剂包括生物炭,所述生物炭与所述基础组分的重量比为(1-15):(910-920)。本发明的生态混凝土可提高河堤的稳定性,也可起到透水、保土、固坡的作用。所述生态混凝土的强度得到了提高,增加了安全性,具有较高的孔隙率和透水系数,能有效支持地面与土壤的物质交换。原材料简单易得,价格低廉,且对生物协调性有了较为明显的提高,有利于生物栖息。

1. 一种生物炭改性生态混凝土,其特征在于,包括基础组分和改性剂,所述基础组分按照重量份计,包括:

水泥100份,粗骨料700-750份,粉煤灰10-20份,矿渣20-50份,水30-50份;

所述改性剂包括生物炭,所述生物炭与所述基础组分的重量比为(1-15):(910-920)。

2. 根据权利要求1所述的生态混凝土,其特征在于,所述的生态混凝土还进一步包括外加剂:聚羧酸减水剂;

优选地,所述聚羧酸减水剂的用量为所述水泥重量份的0.5-1%。

3. 根据权利要求1或2所述的生态混凝土,其特征在于,所述生物炭为木质生物炭,是果木通过高温煅烧并研磨筛选得到的,粒径为1-10mm。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的生态混凝土,其特征在于,所述的生态混凝土中,所述水泥为硅酸盐水泥,强度为40-45;优选为42.5。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的生态混凝土,其特征在于,所述粗骨料为石灰岩和玄武岩碎石,骨料级配为10-25mm;

和/或,所述矿渣为高炉矿渣粉;

和/或,所述粉煤灰为F类1级粉煤灰。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的生态混凝土,其特征在于,所述生态混凝土由以下组分组成:水泥100份,碎石720-740份,生物炭2-10份,粉煤灰10-15份,矿渣20-25份,水40-45份,聚羧酸减水剂0.5-0.8份。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的生态混凝土,其特征在于,所述生物炭的用量为2-3份或8-10份;

优选地,所述减水剂的用量为所述水泥的重量份的0.67%。

8. 制备权利要求2-7任一项所述的生态混凝土的方法,其特征在于,步骤包括:

1) 将所述生物炭与一部分水拌和,得到拌合物;

2) 将所述粗骨料与另一部分水拌和,使所述粗骨料表面湿润,再将所述水泥、粉煤灰、矿粉、剩余的水、聚羧酸减水剂掺入,再加入所述拌合物,充分拌和均匀后,即得。

9. 根据权利要求8所述的制备方法,其特征在于,步骤1)中,所述一部分水的用量控制在所得拌合物刚刚有水析出的临界状态;

优选地,所述一部分水和所述生物炭用量比按照幂函数 $y=0.2788x^{0.5689}$ 拟合,其中x为生物炭用量,y为拌和生物炭所需水的质量。

10. 根据权利要求8或9所述的制备方法,其特征在于,步骤2)中,将粗骨料与部分水拌和时,所述部分水为总水量的40-65%。

一种生物炭改性生态混凝土及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及建筑材料领域,具体涉及一种生物炭改性生态混凝土及其制备方法。

背景技术

[0002] 混凝土是现今世界上极其普遍的人造材料,其使用量十分惊人。但传统混凝土高强度和高密实性的特点对环境也造成了一定的负担。传统混凝土阻隔了水体与土壤间的物质交换,混凝土的大量使用使得地下水的补给成了一个难题,造成了地下水位下降、地面塌陷等问题。且其缺乏透水性和透气性,碱性强,从而导致植物无法生长、地表温度容易上升而不易消散,形成“热岛效应”。

[0003] 为使混凝土更具绿色环保的特性,生态混凝土应运而生。生态混凝土原材料与传统混凝土基本相同,只是细骨料含量很少或者没有。且生态混凝土的水泥用量少,环保的同时降低了碱性,有利于植物的生长。因此,生态混凝土具有孔隙率大、透水性好、生物协调性好的特点,在城市建设、护坡、景观等方面有广阔的应用前景。

[0004] 但是,由于缺乏细骨料,骨料间的结合比较脆弱,生态混凝土的强度相对传统混凝土有较大的差距。而且,尽管生态混凝土相比于传统混凝土而言,很大程度地减少了水泥的使用量,但是水泥仍是生态混凝土最主要的胶凝材料,与水混合反应后,使生态混凝土呈较强的碱性,不利于植物的生长。

发明内容

[0005] 基于上述缺陷,为了提高生态混凝土的综合性能,本发明提供一种生物炭改性生态混凝土,包括基础组分和改性剂,所述基础组分按照重量份计,包括(由以下组分组成):

[0006] 水泥100份,粗骨料700-750份,粉煤灰10-20份,矿渣20-50份,水30-50份;

[0007] 所述改性剂包括生物炭,所述生物炭与所述基础组分的重量比为(1-15):(910-920)。

[0008] 本发明所述的生态混凝土还可进一步包括外加剂:聚羧酸减水剂;优选地,所述聚羧酸减水剂的用量为水泥重量份的0.5-1%。

[0009] 本发明所述的生态混凝土中,优选地,所述生物炭为木质生物炭,是果木通过高温煅烧并研磨筛选得到的,粒径为1-10mm。

[0010] 本发明所述的生态混凝土中,所述水泥为硅酸盐水泥,强度为40-45,优选为42.5。

[0011] 和/或,所述粗骨料为石灰岩和玄武岩碎石,骨料级配为10-25mm。

[0012] 和/或,所述矿渣为高炉矿渣粉。

[0013] 和/或,所述粉煤灰为F类1级粉煤灰。

[0014] 作为本发明的优选技术方案,所述生态混凝土由以下组分组成:水泥100份,碎石720-740份,生物炭2-10份,粉煤灰10-15份,矿渣20-25份,水40-45份,减水剂为水泥重量份的0.5-0.8%,即0.5-0.8份。

[0015] 本发明的优点在于:

- [0016] 1、本发明的生态混凝土可提高河堤的稳定性,也可起到透水、保土、固坡的作用。
- [0017] 2、加入生物炭的生态混凝土的强度得到了提高,增加了安全性。
- [0018] 3、具有较高的孔隙率和透水系数,能有效支持地面与土壤的物质交换。
- [0019] 4、原材料简单易得,价格低廉。从成本方面考虑,根据所选择的配合比,不含生物炭每立方米混凝土原料所需成本约为182.4元,添加生物炭后每立方米混凝土成本约为202.4元,成本增加约11.0%,价格较为低廉,便于推广使用。
- [0020] 5、生态混凝土的生物协调性有了较为明显的提高。
- [0021] 进一步地,本发明所述的生态混凝土中,所述生物炭的用量为2-3份或8-10份。
- [0022] 当所述生物炭的用量为2-3份时,所述生态混凝土在生物协调性具备突出的优势;当所述生物炭的用量为8-10份时,所述生态混凝土在强度上具备突出的优势。
- [0023] 作为本发明最优选技术方案,以更好的达到上述效果,所述生态混凝土由以下组分组成:水泥100份,碎石738.5份,生物炭9.2份,粉煤灰12份,矿渣24份、水43.1份,减水剂为上述水泥重量份的0.67%;
- [0024] 或,
- [0025] 水泥100份,碎石738.5份,生物炭2.3份,粉煤灰12份,矿渣24份、水40.5份,减水剂为上述水泥重量份的0.67%。
- [0026] 本发明一并提供上述生物混凝土的制备方法。
- [0027] 所述制备方法的步骤包括:
- [0028] 1)将生物炭与一部分水拌和,得到拌合物;
- [0029] 2)将粗骨料与另一部分水拌和,使所述粗骨料表面湿润,再将所述水泥、粉煤灰、矿粉、剩余的水、聚羧酸减水剂掺入,再加入所述拌合物,充分拌和均匀后,即得。(与粗骨料拌和时,需加入大约一半的水量,使粗骨料表面湿润。)
- [0030] 本领域技术人员可以理解,所述制备生物混凝土的方法还包括装料、注模和养护的步骤。所述装料时,用抹刀沿试模内部略加插捣。
- [0031] 所述注模时,将拌和料注入模具中挤压成型,24h后拆模,放入标准湿气养护箱(箱温为20℃)养护28d即可。
- [0032] 关于本发明所述的制备方法,步骤1)中,所述生物炭与所述一部分水的用量控制在所得拌合物刚刚有水析出的临界状态;(实际拌合过程可以根据生物炭种类、粒径和质量进行灵活选择,控制其拌和的终状态即可)。
- [0033] 优选地,所述一部分水和所述生物炭用量比按照幂函数 $y=0.2788x^{0.5689}$ 拟合,其中x为生物炭用量(kg),y为拌和生物炭所需水的质量(kg)。
- [0034] 当生物炭的质量分别为0.05kg、0.10kg、0.15kg时,与所述生物炭拌和的所述部分水的质量为0.05kg、0.08kg、0.1kg。
- [0035] 关于本发明所述的制备方法,步骤2)中,将粗骨料与部分水拌和时,所述部分水为总水量的40-65%。
- [0036] 与粗骨料拌和时,需加入大约一半的水量,使粗骨料表面湿润。
- [0037] 本发明的制备方法,能够更好地提高生态混凝土的强度同时也有助于提高混凝土和易性。

具体实施方式

[0038] 以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0039] 以下各实施例中,所述水泥为普通硅酸盐水泥,强度等级为42.5(唐山泓泰水泥有限公司);粗骨料为石灰岩和玄武岩质碎石,骨料级配为10-25mm(北京威客冶金有限责任公司);矿渣类别为高炉矿渣粉(三河市兴达开元建材有限责任公司);减水剂为聚羧酸高性能减水剂(天津市飞龙砼外加剂有限公司);粉煤灰为F类1级粉煤灰(北京兴达广源商贸有限公司);生物炭通过高温煅烧果木并研磨筛选得到,为木质生物炭,颗粒粒径为1-10mm;水为自来水。

[0040] 实施例1

[0041] 本实施例提供一种生物炭混凝土,其配方如下:

	水泥	1kg,
	水	0.405kg,
	粗骨料	7.385 kg,
[0042]	生物炭	0.023 kg,
	粉煤灰	0.120 kg,
	矿渣	0.240 kg,
[0043]	减水剂	0.0067kg。

[0044] 实施例2

[0045] 本实施例提供一种生物炭混凝土,其配方如下:

	水泥	1 kg,
	水	0.416 kg,
	粗骨料	7.385 kg,
[0046]	生物炭	0.046 kg,
	粉煤灰	0.120 kg,
	矿渣	0.240 kg,
	减水剂	0.0067kg。

[0047] 实施例3

[0048] 本实施例提供一种生物炭混凝土,其配方如下:

- | | | |
|--------|---|-----------|
| | 水泥 | 1 kg, |
| | 水 | 0.425 kg, |
| | 粗骨料 | 7.385 kg, |
| [0049] | 生物炭 | 0.069 kg, |
| | 粉煤灰 | 0.120 kg, |
| | 矿渣 | 0.240 kg, |
| | 减水剂 | 0.0067kg。 |
| [0050] | 实施例4 | |
| [0051] | 本实施例提供一种生物炭混凝土,其配方如下: | |
| | 水泥 | 1 kg, |
| [0052] | 水 | 0.431 kg, |
| | 粗骨料 | 7.385 kg, |
| | 生物炭 | 0.092 kg, |
| [0053] | 粉煤灰 | 0.120 kg, |
| | 矿渣 | 0.240 kg, |
| | 减水剂 | 0.0067kg。 |
| [0054] | 实施例5 | |
| [0055] | 本实施例提供一种生物炭混凝土及其制备方法,所述制备方法包括如下步骤: | |
| [0056] | 1) 将0.023kg生物炭与0.01kg的水拌和,得到拌合物; | |
| [0057] | 2) 将7.385kg的粗骨料与部分水拌和60s,再将1kg水泥、0.12kg的粉煤灰、0.24kg的矿渣、0.0067kg的减水剂和剩余的水掺入,两次加水总量为0.395kg,再加入所述拌合物,充分拌和160s后,在内涂有机油的干净试模内分两次装入混凝土拌合物。装料时,用抹刀沿试模内部略加插捣。 | |
| [0058] | 3) 将拌和料注入模具中挤压成型,24h后拆模,放入标准湿气养护箱(箱温为20℃)养护28d。 | |
| [0059] | 实施例6 | |
| [0060] | 本实施例提供一种生物炭混凝土及其制备方法,所述制备方法包括如下步骤: | |
| [0061] | 1) 将0.092kg生物炭与0.036kg的水拌和,得到拌合物; | |
| [0062] | 2) 将7.385kg的粗骨料与部分水拌和60s,再将1kg水泥、0.12kg的粉煤灰、0.24kg的矿渣、0.0067kg的减水剂和剩余的水掺入,两次加水总量为0.395kg,再加入所述拌合物,充分拌和160s后,在内涂有机油的干净试模内分两次装入混凝土拌合物。装料时,用抹刀沿试模内部略加插捣。 | |
| [0063] | 3) 将拌和料注入模具中挤压成型,24h后拆模,放入标准湿气养护箱(箱温为20℃)养护28d。 | |

[0064] 对比例1

[0065] 本对比例提供一种混凝土,其配方如下:

	水泥	1 kg,
	水	0.395 kg,
	粗骨料	7.385 kg,
[0066]	粉煤灰	0.120 kg,
	矿渣	0.240 kg,
	减水剂	0.0067kg。

[0067] 按照水泥浆裹石法进行制备,制备方法如下:

[0068] 1) 将7.385kg的粗骨料与部分水拌和60s,再将1kg水泥、0.12kg的粉煤灰、0.24kg的矿渣、0.0067kg的减水剂和剩余的水掺入,两次拌和所用总水量为0.395kg。充分拌和160s后,在内涂有机油的干净试模内分两次装入混凝土拌合物。装料时,用抹刀沿试模内部略加插捣。

[0069] 2) 将拌和料注入模具中挤压成型,24h后拆模,放入标准湿气养护箱(箱温为20℃)养护28d。

[0070] 对比例2

[0071] 本对比例提供一种混凝土,其配方如下:

	水泥	1 kg,
	水	0.35 kg,
	粗骨料	4.757 kg,
[0072]	粉煤灰	0 kg,
	矿渣	0 kg,
	减水剂	0kg。

[0073] 本对比例来源绿色生态混凝土试验研究,彭华,其记载了实测孔隙率为27.1%,抗压强度为10.9MPa。

[0074] 与本实验所使用的原料种类相同,骨料粒径为9.5-16mm范围,在孔隙率与本发明相差不大的情况下,其抗压强度明显小于本发明。

[0075] 对比例3

[0076] 本对比例提供一种混凝土,其配方如下:

	水泥	1 kg,
	水	0.35 kg,
	粗骨料	4.757 kg,
[0077]	SR-3	0.15L,
	粉煤灰	0 kg,
	矿渣	0 kg,
	减水剂	0kg.

[0078] 上述对比例来源:现浇护堤植生型生态混凝土性能指标及耐久性能——SR-3。

[0079] 根据记载,28天的抗压强度达到20MPa以上,透水系数在0.25-0.60cm/s之间。SR-3是由日本JCK株式会社开发研制的一种生态混凝土专用添加材,是一种以碳酸钙、硅石粉为主要成分的橘黄色无机质悬浮液,其标准参量为水泥质量的15%。

[0080] 尽管28d其抗压强度也达到了20MPa以上,但是其透水系数明显小于本发明。

[0081] 对比例4

[0082] 本对比例提供一种混凝土,来源CN107628763A,其制备方法如下:石子1650kg、水泥300kg、和增强剂12、18、24kg(水泥质量8%),投入料仓内,搅拌30s;加入水45kg(水泥质量的15%),预搅拌60s;再加入水45kg(水泥质量的15%),高速搅拌120s;最后出料并运输;

[0083] 增强剂原料:碳酸钙4%~5%,硅石粉40%~53.8%,膨润土20%~23%,亚硝酸钠早强剂2.04%~3.8%,羟基羧酸高效减水剂5%~8%,木质素磺酸盐7%~10%,硫酸铁0.08%~0.1%,磷酸二氢钾8%~10%,引气剂0.08%~0.1%,合计100%。

[0084] 粗骨料为20-40mm,骨料和水泥种类和本发明一致。

[0085] 据申请文件披露,其抗压强度5MPa~10MPa,有效孔隙率为20%~30%,强度明显弱于本发明。

[0086] 对比例5

[0087] 本对比例提供一种混凝土,来源CN201610880272.4,其配方如下:所述的生态混凝土添加剂含有如下质量百分比的成分:10~30%的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、40~80%的 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ 和10~50%的磷酸二氢钾。所述的生态混凝土含有如下质量百分比的成分:70~90%的花岗岩、8~25%的改性水泥、以及1~5%的生态混凝土添加剂。

[0088] 由该实验配比得到的最大强度15.3MPa,最大孔隙率为30%,但该添加剂原料复杂,制作麻烦,成本较高。

[0089] 对比例6

[0090] 本对比例提供一种混凝土,来源CN106699058A,其配方如下:碳酸钙5-10份、硅石粉40-50份、木质素磺酸5-8份、早强剂1-3份、减水剂1-3份、保水剂0.3-0.4份、引气剂0.01-0.02份;其中所述的早强剂为亚硝酸钠,其中所述的减水剂为聚羧酸醚类高效减水剂;其中所述的保水剂为聚丙烯酰胺;其中所述的引气剂为十二烷基苯硫酸钠。

[0091] 抗压强度:7d \geq 15MPa,28d \geq 20MPa,孔隙率在25%-30%之间。相对于本发明效果类似,但其原料复杂、制作过程较难。

[0092] 按照实施例1-4的配比制备好各组配比的试块后,1天后脱模,在养护室养护28天后,按照试验例1-4测量各组的抗压强度、渗透系数和孔隙率,并进行植生实验。

[0093] 试验例1

[0094] 本试验例提供本发明所提供的生物混凝土的抗压能力测试。

[0095] 试验仪器:压力试验机:ZH-201型

[0096] 试验原理:

$$[0097] \quad f_{cc} = \frac{10F}{A}$$

[0098] 式中:

[0099] f_{cc} : 砼立方体试块抗压强度 (MPa);

[0100] F : 试件破坏荷载 (kN);

[0101] A : 试件承压面积 (cm^2)。

[0102] 试验方法:所述抗压试验按照标准试验方法测得,试验的目标强度为15MPa以上。

[0103] 试验步骤:

[0104] 1、当试件到达试验龄期时,从养护室取出。

[0105] 2、试验前,将试件表面与上、下承压板面擦拭干净,以成型时侧面为受压面。检查外观,测量尺寸,要求承载面的不平度要求不超过边长0.05%,承载面与相邻面的不垂直度偏差不大于1度。

[0106] 3、用试验机对试样进行强度测试,根据混凝土试件的强度等级不同,按照规定施加相应的加荷速度,该试验为计算机自动控制,同时生成曲线图,记录峰值。根据公式,计算抗压强度。

[0107] 4、取3个试件为一组,记录结果,按规定计算每组抗压强度均值,如表1所示。

[0108] 表1各组试块平均质量与抗压强度结果

[0109]

组别	对比例1	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4
试块强度 (MPa)	15.5	16.9	17.9	19.5	21.3
试块质量 (kg)	6.72	6.79	6.64	6.86	6.88

[0110] 试验例2

[0111] 本试验例提供本发明所提供的生物混凝土的孔隙率检测。

[0112] 试验仪器:测量排水桶、电子秤。

[0113] 试验原理:

$$[0114] \quad P = \left(1 - \frac{M_{干} + M_{水} - M_{总}}{V_{试块}} \right) \times 100\%$$

[0115] 式中:

[0116] P : 砼立方体试块孔隙率;

[0117] $M_{干}$: 干燥时试块质量 (g);

[0118] $M_{水}$: 测量桶内某刻度处水的质量 (g);

[0119] $M_{总}$: 测量桶中试块与水的总质量 (g);

[0120] $V_{\text{试块}}$: 试件的体积 (cm^3)。

[0121] 试验方法: 孔隙率试验按照排水法测得, 试验的目标孔隙率为20%以上。

[0122] 试验步骤:

[0123] 1、称到达某一标记刻度线时的桶加水重, 记为 $M_{\text{水}}$

[0124] 2、称量每个混凝土已经面干时的质量 $M_{\text{干}}$

[0125] 3、将水倒入放着试块的桶中, 要求水面达到标记的刻度线, 称量试块与水和水桶的总质量 $M_{\text{总}}$

[0126] 4、计算得出砼立方体试块的体积 $V_{\text{试块}}$

[0127] 5、取3个试件为一组, 记录结果, 按规定计算每组孔隙率的均值, 如表2所示。

[0128] 表2各组试块孔隙率结果

[0129]

组别	对比例1	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4
孔隙率(%)	27.7	24.9	24.1	22.3	20.7

[0130] 试验例3

[0131] 本试验例提供本发明所提供的生物混凝土的渗透系数测试。

[0132] 试验原理:
$$K = \frac{Q \cdot D}{A \cdot H(t_2 - t_1)}$$

[0133] K—水温 $T^{\circ}\text{C}$ 时的透水系数, cm/s ;

[0134] Q—从时间 t_1 到 t_2 透过混凝土的水量, cm^3 ;

[0135] D—生态种植型混凝土试件的厚度, cm ;

[0136] A—生态种植型混凝土试件的横截面积, cm^2 ;

[0137] H—水头, cm ;

[0138] $(t_2 - t_1)$ —测定时间, s 。

[0139] 试验方法: 渗透系数测试试验按照日本《透水性混凝土河川护堤施工手则》提出的多孔生态混凝土的透水系数测定方法测定。一般情况下, 生态混凝土需要保证 0.1cm/s 以上的透水系数。

[0140] 试验步骤:

[0141] 1、先将试块放置于下筒中, 用石蜡或玻璃胶将试块侧壁与筒壁周围密封, 保证水不从试块侧面流出。

[0142] 2、将下筒与上筒用橡胶垫与螺丝固定。

[0143] 3、往上筒中灌水, 当水位稳定保持在溢水口处时, 测得一段时间内的渗透出的水的质量, 计算流量与渗透系数, 如表3所示。

[0144] 表3各组试块渗透系数结果

[0145]

组别	对比例1	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4
渗透强度 (cm/s)	1.63	1.56	1.46	1.44	1.00

[0146] 试验例4

[0147] 本试验例提供本发明所提供的生物混凝土的植生性试验。

[0148] 植生性试验包括植物种类选取试验和不同生物炭含量对植物生长状况影响试验

两部分。

[0149] 植物种类选取试验的选取原则：

[0150] a. 适应当地的环境气候；

[0151] b. 抵抗不利环境的能力(简称抗逆性,如植物的抗寒,抗旱,抗盐,抗病虫害等)强；

[0152] c. 适应当地的土壤条件(保水效果、碱度、土壤特性等)；

[0153] d. 根系为须根系,且发达,植物能在短期内成坪；

[0154] e. 适应于粗放管理；

[0155] 根据植物的生长特性,本试验选取猎狗5号、狗牙根、高羊茅、黑麦草四种草种。

[0156] (一) 植物选取类试验

[0157] 试验步骤：

[0158] 1、将制得的碳含量同为5%的试块养护28天后,从养护室取出。

[0159] 2、首先将天然土壤与营养土1:1混合,铺设于试块上表面,约2-3cm;在每个试块上均匀播种100粒不同的草种;再覆土1-2cm。

[0160] 3、浇水,养护25天,观测植物的生长情况,如表4所示。

[0161] 温室条件：

[0162] 试验温度为白天25度、夜晚20度,湿度为70%,每日光照时间14个小时,CO₂浓度为410ppm。

[0163] 表4 25d各种草种生长情况测量结果

草的种类	黑麦草	猎狗5号	狗牙根	高羊茅
25天株高(cm)	25.1	10.5	15.3	未发芽
25天根长(cm)	7.5	3.4	12.3	
发芽率(%)	78	54	63	
发芽时间(天)	3	6	4	

[0165] (二) 不同生物炭含量对植物生长状况影响试验

[0166] 不同生物炭含量对植物生长状况影响试验采用上述试验配比下制得试块,并根据植物种类选取试验的试验结果,选取黑麦草为最优草种进行试验。

[0167] 试验步骤：

[0168] 1、当试件达到28天试验龄期时,从养护室取出。

[0169] 2、首先将天然土壤与营养土1:1混合,铺设于试块上表面,约2-3cm;在每个试块上均匀播种100粒黑麦草草种;再覆土1-2cm。

[0170] 3、浇水,养护25天,每隔5天观测植物的生长情况,如表5和表6所示。

[0171] 温室条件不变。

[0172] 表5各组试块植株株高试验结果

[0173]

组别	对比例1	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4
10天	14.0	15.0	15.0	15.0	14.0

15天	16.0	18.0	17.3	16.0	15.0
20天	16.2	19.4	17.5	16.8	15.3
25天	16.2	19.8	17.9	16.9	15.4

[0174] 表6 25d各组试块植株植生性试验结果

[0175]

组别	对比例1	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4
株高	16.2	19.8	17.9	16.9	15.4
根长	7.6	9.2	8.8	8.0	6.3
发芽率(%)	75	84	80	64	78

[0176] 根据抗压强度实验数据可知,加入少量生物炭后试块强度有明显上升,实施例4与对比例1相比增加37.4%。

[0177] 试验中所有组别的生态混凝土均达到了透水系数0.1cm/s以上,孔隙率大于20%的要求。

[0178] 根据植生实验可发现实施例1、实施例2和实施例3的株高和根长高于对比例1,25d株高的增长幅度分别为22.2%、10.5%、4.3%,根长的增长幅度分别为21.1%、15.8%、5.3%,试验表明在一定的生物炭含量范围内,生态混凝土的生物协调性会有一定程度的改善,然而,结合渗透试验和孔隙率实验结果可知,添加生物炭会减少生态混凝土的孔隙,从而降低孔隙率和渗透系数,不利于植物的生长,因此需要寻找最优生物炭含量。

[0179] 虽然,上文中已经用一般性说明、具体实施方式及试验,对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的