



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114409482 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 29

(21) 申请号 202210087576.0

(22) 申请日 2022.01.25

(71) 申请人 东北大学

地址 110004 辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号

申请人 辽宁城市建设设计院有限公司

(72) 发明人 张庆军 朱彤 单信超 王健

佟首辉 连欢

(74) 专利代理机构 沈阳维特专利商标事务所

(普通合伙) 21229

代理人 陈晖

(51) Int. Cl.

C05G 3/80 (2020.01)

C05F 15/00 (2006.01)

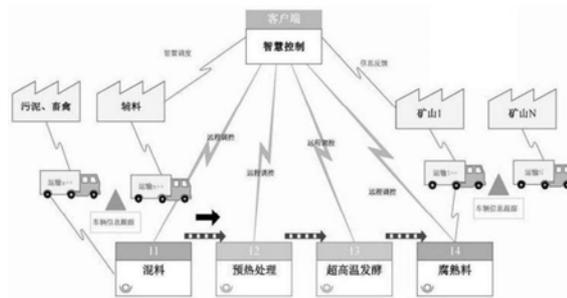
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

土壤修复剂的制备方法、制得的土壤修复剂及其介导矿山修复的碳增汇方法

(57) 摘要

本发明公开了土壤修复剂的制备方法、制得的土壤修复剂及其介导于矿山修复的碳增汇方法。其中土壤修复剂的制备方法包括生物碳化及高温发酵;应用所述土壤修复剂介导矿山修复的碳增汇方法能够系统地从生态学角度出发,提供了一种有机固废的减排增汇的固废处置方法,该方法为新型的固废生物处理技术研发提供新思路,使得污泥、畜禽粪便及厨余垃圾等有机固废得到减量化、无害化、资源化处理处置的同时,实现矿山修复的有效治理,进而实现固废留碳与植物增碳的双重碳减排作用。



1. 一种土壤修复剂的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 生物碳化:依据反应器的体积计,将体积百分数占比为5~10%的有机固体废物放入反应器内,通入高纯氮气作为载气,压力控制在1.0~1.5Mpa,升温速率20~30°C/ms,升温至300~400°C,停留时间15~20s后得到快速热解生物碳;

(2) 混料:依据反应器的体积计,继续向所述反应器内,按照体积百分数添加60~70%所述有机固体废物、20~30%超高温生物发酵固体菌、5-10%膨松剂,搅拌混合,得到混合料;

(3) 预热处理:将所述混合料进行预热;

(4) 超高温发酵预热处理后的混合料,生物发酵15天,平均每隔3日进行一次旋转机械翻抛最终得到土壤修复剂。

2. 根据权利要求1所述的一种土壤修复剂的制备方法,其特征在于,所述混料时控制C/N为25-35:1,pH为7.0~7.8,混合料中含水率<60%,混合料中有机质含量 \geq 30%。

3. 根据权利要求1所述的一种土壤修复剂的制备方法,其特征在于,所述预热处理中控制温度为55-65°C,D0浓度为3~5mg/L,维持时间为2d。

4. 根据权利要求1所述的一种土壤修复剂的制备方法,其特征在于,所述超高温发酵中调控pH为8.0-9.0,曝气量为0.3-0.5Lmin⁻¹kg⁻¹,D0浓度为2-3mg/L,发酵最高温度为85-95°C;极端嗜热菌浓度 \geq 1.0*10⁷CFU/mL。

5. 一种土壤修复剂,其特征在于,采用权利要求1-4所述的土壤修复剂的制备方法制得,所述土壤修复剂的C/N为20-25:1;pH为7.0-8.0;C含量 \geq 25%,N含量 \geq 1.5%,腐殖酸含量 \geq 60%。

6. 根据权利要求5所述的土壤修复剂介导于矿山修复的碳增汇方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1:将所述土壤修复剂填充到受损区域,土壤修复剂的回施量为20~40t/hm²;其中所述填充采用完全混施或表面回施的方式;

步骤2:向填充土壤修复剂后的土壤地面上栽种绿植,采用“乔木+灌木+地被”的混交方式;

步骤3:对栽种好的绿植进行补水、监测养护;采用智慧控制系统对绿植进行补水及监测养护。

7. 根据权利要求6所述的土壤修复剂介导于矿山修复的碳增汇方法,其特征在于,所述土壤修复剂的施用周期为90d。

8. 根据权利要求6所述的土壤修复剂介导于矿山修复的碳增汇方法,其特征在于,所述土壤修复剂制备方法中涉及的参数均通过智慧控制系统调控。

9. 根据权利要求6所述的土壤修复剂介导于矿山修复的碳增汇方法,其特征在于,矿山修复区按照3个/hm²监测密度设置土壤及植物碳捕集器,并适时通过所述智慧控制系统反映至手机客户端进行数据存储和分析。

土壤修复剂的制备方法、制得的土壤修复剂及其介导矿山修复的碳增汇方法

技术领域

[0001] 本发明公开涉及节能与环保技术领域,尤其涉及土壤修复剂的制备方法、制得的土壤修复剂及其介导矿山修复的碳增汇方法。

背景技术

[0002] 随着我国城镇化快速发展,城镇污水处理产生的污泥与农业发展过程中产生的大量畜禽粪便等固废急剧增加,特别是在我国提出双碳目标后,对固废管理与碳增汇提出了更严格的要求。有机固废含有大量的有机质和丰富的氮、磷、钾等营养物质,经堆肥处理后可用作矿山废弃地生态恢复的土壤改良基质。研究结果表明,固废生物发酵后可同步实现矿山废弃地土壤基本理化性质改善、土壤微生物数量和代谢活性提高、植被的快速生长和生态功能的快速重建等。同时固废生物发酵后用于矿山生态恢复的案例亦表明有机固废经稳定化处理可促进矿山生态恢复,形成有效碳汇。生物碳化协同高温发酵介导矿山修复的碳增汇具有较高可行性和安全性,能够同步实现固废处理处置和矿山废弃地生态恢复的双重目标,同时上述手段也能够成为未来评估有机固废处理后用于矿山生态恢复可行性的重要研究方向。

[0003] 生物发酵是一种生物和环境友好的处理固体废弃物的方法,新型极端嗜热生物发酵通过大比例腐熟料返混同步实现接种嗜热菌株进行高温堆肥,能够大大缩短堆肥周期,提高堆肥成熟度,并减少氮的损失,在堆肥质量和效率方面具有优势。碳化技术是固废经高温热裂解后生成的固态产物,生物炭和生物发酵产物联合可以有效的减少有机废物的容积,适用于土壤修复,被认为是高效的废物管理策略。国内外案例研究表明有机固体废弃物联合处理后可用作矿山废弃地生态恢复的土壤改良基质,可以提高土壤代谢活性与微生物群落数量,改善矿山废弃地土壤基本理化性质,重建植被快速生长的生态功能,进而在减少碳排放的同时增加碳汇。

[0004] 故结合矿山废弃地特点及生态影响机理,系统性地开发一种固废生物发酵超高温发酵介导矿山修复的碳增汇方法成为人们亟待解决的问题。

发明内容

[0005] 鉴于此,本发明公开提供了土壤修复剂的制备方法、制得的土壤修复剂及其介导于矿山修复的碳增汇方法;以实现高效、经济、低碳的减排增汇效果及科学高效地固废处理。

[0006] 本发明提供的技术方案,具体为,本发明第一方面提供一种土壤修复剂的制备方法,包括以下步骤:

[0007] (1) 生物碳化:依据反应器的体积计,将体积百分数占比为5~10%的有机固体废物放入反应器内,通入高纯氮气作为载气,压力控制在1.0~1.5Mpa,升温速率20~30℃/ms,升温至300~400℃,停留时间15~20s后得到快速热解生物碳;

[0008] (2) 混料:依据反应器的体积计,继续向所述反应器内,按照体积百分数添加60~70%所述有机固体废物、20~30%超高温生物发酵固体菌、5-10%膨松剂,搅拌混合,得到混合料;

[0009] (3) 预热处理:将所述混合料进行预热;

[0010] (4) 超高温发酵预热处理后的混合料,生物发酵15天,平均每隔3日进行一次旋转机械翻抛最终得到土壤修复剂。

[0011] 优选地,所述混料时控制C/N为25-35:1,pH为7.0~7.8,混合料中含水率<60%,混合料中有机质含量 \geq 30%。

[0012] 优选地,所述预热处理中控制温度为55-65℃,D0浓度为3~5mg/L,维持时间为2d。

[0013] 优选地,所述超高温发酵中调控pH为8.0-9.0,曝气量为0.3-0.5Lmin⁻¹kg⁻¹,D0浓度为2-3mg/L,发酵最高温度为85-95℃;极端嗜热菌浓度 \geq 1.0*10⁷CFU/mL。

[0014] 本发明第二方面提供了一种土壤修复剂,采用所述土壤修复剂的制备方法制得,所述土壤修复剂的C/N为20-25:1;pH为7.0-8.0;C含量 \geq 25%,N含量 \geq 1.5%,腐殖酸含量 \geq 60%。

[0015] 本发明第二方面提供了上述土壤修复剂介导矿山修复的碳增汇方法,包括如下步骤:

[0016] 步骤1:将所述土壤修复剂填充到受损区域,土壤修复剂的回施量为20~40t/hm²;其中所述填充采用完全混施或表面回施的方式;

[0017] 步骤2:向填充土壤修复剂后的土壤地面上栽种绿植,采用“乔木+灌木+地被”的混交方式;

[0018] 步骤3:对栽种好的绿植进行补水、监测养护;采用智慧控制系统对绿植进行补水及监测养护。

[0019] 优选地,所述土壤修复剂的施用周期为90d。

[0020] 优选地,所述土壤修复剂制备方法中涉及的参数均通过智慧控制系统调控。

[0021] 优选地,矿山修复区按照3个/hm²监测密度设置土壤及植物碳捕集器,并适时通过所述智慧控制系统反映至手机客户端进行数据存储和分析。

[0022] 本发明提供的土壤修复剂的制备方法、制得的土壤修复剂及其介导矿山修复的碳增汇方法,能够系统地从生态学角度出发,提供了一种有机固废的减排增汇的固废处置方法,该方法为新型的固废生物处理技术研发提供新思路,使得污泥、畜禽粪便及厨余垃圾等有机固废得到减量化、无害化、资源化处理处置的同时,实现矿山修复的有效治理,进而实现固废留碳与植物增碳的双重碳减排作用。

[0023] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本发明的公开。

附图说明

[0024] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本发明的实施例,并与说明书一起用于解释本发明的原理。

[0025] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,对于本领域普通技术人员而

言,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1为本发明公开实施例提供的土壤修复剂介导矿山修复的碳增汇方法;

[0027] 图2为本发明公开实施例提供的智慧控制系统的组成示意图。

具体实施方式

[0028] 这里将详细地对示例性实施例进行说明,其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时,除非另有表示,不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施中所描述的实施方式并不代表与本发明相一致的所有实施方式。相反,它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本发明的一些方面相一致的系统的例子。

[0029] 为解决现有技术中传统好氧生物发酵温度低、发酵周期长、处理效率低以及添加辅料成本高,同时解决固废生物发酵产品出路等问题,本实施方案提供一种土壤修复剂的制备方法、制得的土壤修复剂及其介导矿山修复的碳增汇方法,即通过矿山修复实现固废资源化与碳增汇;

[0030] 一种土壤修复剂的制备方法,包括以下步骤:

[0031] (1) 生物碳化:依据反应器的体积计,将体积百分数占比为5~10%的有机固体废物放入反应器内,通入高纯氮气作为载气,压力控制在1.0~1.5Mpa,升温速率20~30°C/ms,升温至300~400°C,停留时间15~20s后得到快速热解生物碳;

[0032] (2) 混料:依据反应器的体积计,继续向所述反应器内,按照体积百分数添加60~70%所述有机固体废物、20~30%超高温生物发酵固体菌、5-10%膨松剂,搅拌混合,得到混合料;其中本发明采用的超高温生物发酵固体菌的采购自沈阳东源环境科技有限公司,其菌属结构特征中超高温菌属(*Calditerricola*)与嗜热杆菌属(*Thermaerobacter*)占总数的比例达到84.93%。

[0033] (3) 预热处理:将所述混合料进行预热;

[0034] (4) 超高温发酵预热处理后的混合料,生物发酵15天,平均每隔3日进行一次旋转机械翻抛最终得到土壤修复剂。

[0035] 上述步骤,固废碳化协同生物发酵过程中,通过步骤(1)得到的生物炭具有含碳量高、比表面积大、吸附能力强、结构稳定等优点,大量的有机物在高温生物发酵作用下转化为腐殖酸,腐殖酸是一种大分子有机物,其对重金属离子有吸附络合作用,可以将重金属从生物可利用态转向稳定态,发酵产物对于重金属的钝化作用十分明显,有利于重金属污染的矿山修复;

[0036] 通过步骤(4)高温发酵技术,氮素转化、堆肥成熟度和腐殖化水平均有改善。通过循环利用成熟堆肥,启动周期快,温度、 NO_3^- -N和GI均表现出较高的效率,发酵产品总氮含量增加,发酵产物有利于矿山修复植物生长,较好的保留废弃物中的N、P等作物生长所需要的营养物质,增加了地球碳汇;

[0037] 上述混料时控制C/N为25-35:1,pH为7.0~7.8,混合料含水率<60%,混合料中有机质含量 $\geq 30\%$ 。

[0038] 上述预热处理中控制温度为55-65°C,D0浓度为3~5mg/L,维持时间为2d。

[0039] 上述超高温发酵中调控pH为8.0-9.0,曝气量为0.3-0.5Lmin⁻¹kg⁻¹,D0浓度为2-3mg/L,发酵最高温度为85-95°C;极端嗜热菌浓度 $\geq 1.0 \times 10^7$ CFU/mL。

[0040] 由上述方法制备得到的一种土壤修复剂,其C/N为20-25:1;pH为7.0-8.0;C含量 \geq 25%,N含量 \geq 1.5%,腐殖酸含量 \geq 60%。

[0041] 由上述方法得到的土壤修复剂能够介导给矿山土壤,进而达到修复效果,同时实现碳增汇,其中上述土壤修复剂介导矿山修复的碳增汇方法具体包括如下步骤:

[0042] 步骤1:将所述土壤修复剂填充到受损区域,土壤修复剂的回施量为20~40t/hm²;其中所述填充采用完全混施或表面回施的方式;

[0043] 步骤2:向填充土壤修复剂后的土壤地面上栽种绿植,采用“乔木+灌木+地被”的混交方式;

[0044] 步骤3:对栽种好的绿植进行补水、监测养护;采用智慧控制系统对绿植进行补水及监测养护。

[0045] 上述土壤修复剂的施用周期为90d。

[0046] 上述土壤修复剂制备方法中涉及的参数均通过智慧控制系统调控。其中矿山修复区按照3个/hm²监测密度设置土壤及植物碳捕集器,并适时通过智慧控制系统反映至手机客户端进行数据存储和分析。应用智慧控制系统进行土壤修复的流程示意图如图1所示。

[0047] 本发明采用智慧矿山修复系统,高效发挥固废碳化与生物发酵及植物修复的协同作用,可行性高,操作简便,实现固废留碳与植物增碳的双重增碳汇作用。

[0048] 采用智慧矿山修复系统,高效发挥固废碳化与生物发酵及植物修复的协同作用,可行性高,操作简便,实现固废留碳与植物增碳的双重增碳汇作用。

[0049] 本发明为新型的固废生物处理技术研发提供新思路,使得污泥、畜禽粪便及厨余垃圾等有机固废得到减量化、无害化、资源化处理处置的同时,实现矿山修复的有效治理,同步实现固废留碳与植物增碳的双重增汇作用。

[0050] 下面结合具体的实施例对本发明进行更进一步的解释说明,但是并不用于限制本发明的保护范围。

[0051] 实施例1

[0052] 制备土壤修复剂;

[0053] (1) 生物碳化:将10kg 畜禽粪便放入反应器,通入为高纯氢气(纯度99.99%)做为载气,压力控制在1.0Mpa,升温速率20℃/ms,快速升温至300℃,停留时间15s,得到快速热解生物碳,经过元素分析发现,产物中C含量增加,O含量减少,发生明显碳化;

[0054] (2) 混料:进一步向反应器内按照体积比添加120kg初始原料,超高温生物发酵腐熟料40kg,膨松剂9kg;搅拌混合,得到混合料;其中混合料中C/N为32:1,pH控制在7.8;

[0055] (3) 预热处理:控制温度为60℃,D0浓度为4.5mg/L,维持2d;混合料中含水率50%,混合料中有机质含量为40%。

[0056] (4) 高温发酵:调控pH为8.5,D0浓度为3mg/L,发酵最高温度为90℃;极端嗜热菌浓度 $\geq 1.0 \times 10^7$ CFU/mL,曝气量为0.4Lmin⁻¹kg⁻¹;

[0057] 生物发酵15天,平均每隔3日进行一次旋转机械翻抛最终得到土壤修复剂。

[0058] 上述土壤修复剂介导矿山修复的碳增汇方法:取得上述制备好的土壤修复剂,采用完全混施方法,将土壤修复剂施加在面积约100m²的人工模拟矿山土壤中,并种植乔木丁香+灌木东北落叶连翘+地被植物草地早熟禾,采用湿度计反馈调节的智慧离子驱根滴灌管进行定期补水,将高精度微型CO₂红外气体分析仪直接安装在土壤呼吸室内完成土壤中气

态碳监测,自动传输至客户端并进行数据分析;

[0059] 上述步骤中提及的生物碳化协同高温发酵介导矿山修复实现的碳增汇,均通过智慧控制系统调控快速热解碳化参数、生物发酵参数、混料设施、通风送氧设施、调度矿山修复模拟系统、智慧灌溉及碳捕集系统等,并适时反映至电脑客户端及手机客户端进行数据存储和分析。

[0060] 如图1所示,本实施例采用智慧矿山修复系统可以采用如下的组合形式,具体包括生物碳化协同发酵系统1、矿山修复系统2与智慧控制系统3,其中生物碳化协同发酵系统1包括快速热解碳化系统11、高温生物发酵系统12;所述快速热解碳化系统11包括电加热系统111、载气系统112,所述高温生物发酵系统12包括混料系统121、曝气系统122;所述快速热解碳化系统11与高温生物发酵系统12共用一套装置,所述矿山修复系统2包括滴灌系统21、运输系统22、碳捕集系统23与云端显示系统24,所述智慧控制系统3包括碳化控制系统31生物发酵控制系统32、智慧调度系统33与智慧矿山显示系统34。

[0061] 实施例2

[0062] 采用的智慧调度系统同实施例1,采用上述系统进行物碳化协同高温发酵介导矿山修复的碳增汇方法,具体步骤为:

[0063] (1) 将10kg污泥与畜禽粪便放入反应密闭,通入为高纯氦气(纯度99.99%)作为载气,压力控制在1.5Mpa,升温速率25℃/ms,快速升温至400℃,停留时间20s,得到快速热解生物碳,经过元素分析发现,产物中C含量增加,O含量减少,发生明显碳化;

[0064] (2) 混料:进一步向反应器内按照体积比添加120kg初始原料,超高温生物发酵腐熟料40kg,膨松剂9kg;搅拌混合,得到混合料;其中混合料中C/N为28:1,pH控制在7.5;

[0065] (3) 预热处理:控制温度为65℃,D0浓度为3.5mg/L,维持2d;混合料中含水率55%,混合料中有机质含量为45%。

[0066] (4) 高温发酵:调控pH为9.0,D0浓度为3mg/L,发酵最高温度为95℃;极端嗜热菌浓度 $\geq 1.0 \times 10^7$ CFU/mL;曝气量为 $0.4 \text{Lmin}^{-1} \text{kg}^{-1}$;进行超高温生物发酵15天,平均3日进行一次旋转机械翻抛,最终得到土壤修复剂;

[0067] 上述土壤修复剂介导矿山修复的碳增汇方法:根据情况采用表面回施,发酵产物回施量为 30t/hm^2 ;栽种耐旱乡土树种及草种等绿植,采用“乔木+灌木+地被”的混交方式;采用智慧型离子驱根滴灌管进行科学补水;矿山修复区按照3个/ hm^2 监测密度设置土壤及植物碳捕集器,并适时反映至手机客户端进行数据存储和分析。

[0068] 经过实施例1和2得到的土壤修复剂产品指标符合标准《城镇污水处理厂污泥处置分类》(GB/T23484-2009);《生活垃圾堆肥处理技术规范》(CJJ52-2014);《畜禽粪便堆肥技术规范》(NY/T3442-2019);臭气排放符合标准城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18948-2002)表4二级标准以及《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)二级要求;

[0069] 应用上述土壤修复剂进行土壤修复满足:《水土保持综合治理技术规范-荒地治理技术》(GB/T 16453.2-2008),《绿化种植土壤标准》II级标准值。

[0070] 对比例1

[0071] 同实施例1,区别在于,不包括步骤(1),即在制备土壤修复剂时不加入不添加生物炭。

[0072] 对比例2

[0073] 同实施例1,区别在于,将步骤(2)中的超高温生物发酵腐熟料替换为同体积普通堆肥腐熟料。

[0074] 对比例3

[0075] 同实施例1,区别在于,不包括步骤(1),并将步骤(2)中的高温菌剂替换为同体积普通堆肥腐熟料,即不采用生物碳化协同超高温生物发酵,只进行传统堆肥。

[0076] 对实施例1~2及对比例1~3制备得到的有机肥中的C、N、P含量进行检测,并对腐殖酸、土壤有机质、碳捕集速率、碳增汇量进行检测。

[0077] 结果如表1所示。

[0078] 表1

项目	实施例 1	实施例 2	对比例 1	对比例 2	对比例 3
C 含量	26.11%	27.83%	12.15%	17.12%	19.92%
N 含量	1.43%	1.65%	0.81%	0.96%	1.07%
P 含量	0.52%	0.68%	0.38%	0.39%	0.32%
腐殖酸	58%	62%	46%	47%	36%
土壤有机质增加 (t/hm ²)	156	149	69	76	41
碳捕集速率 (t/hm ² ·a)	5.8	6.6	4.1	3.8	2.1
碳增汇量	72%	68%	53%	48%	36%

[0080] 由表1可以看出,通过本发明方法得到的产物的C、P、N含量较高,且腐殖酸、土壤有机质增加量、碳捕集速率、碳增汇量均显著增加,而不进行热解生物炭化,或者在不接种高温菌情况下进行普通发酵腐熟料返混,或者只进行传统的高温菌接种堆肥,得到的修复产品中C、N、P含量相对较低。这是由于生物炭化直接增加了碳源,同时生物炭吸附作用减少了N、P渗滤液的淋洗流失,并且生物炭有利于固N代谢微生物得到强化,进而实现了保氮作用。不进行超高温菌腐熟料进行返混发酵时,由于传统堆肥中微生物群落难以把返混料中大量的难降解有机物作为碳源,没有极端嗜热菌菌种的接种,无法进行超高温发酵,腐殖酸等含量明显减少,因此不能达到良好的发酵效果。而只进行传统的生物发酵时,需要额外添加大量的膨松剂,发酵周期长,产物C、N、P大量流失,不利于做为矿山修复的覆盖土。

[0081] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本发明的其它实施方案。本申请旨在涵盖本发明的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本发明的一般性原理并包括本发明未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本发明的真正范围和精神由权利要求指出。

[0082] 应当理解的是,本发明并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构,并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本发明的范围仅由所附的权利要求来限制。

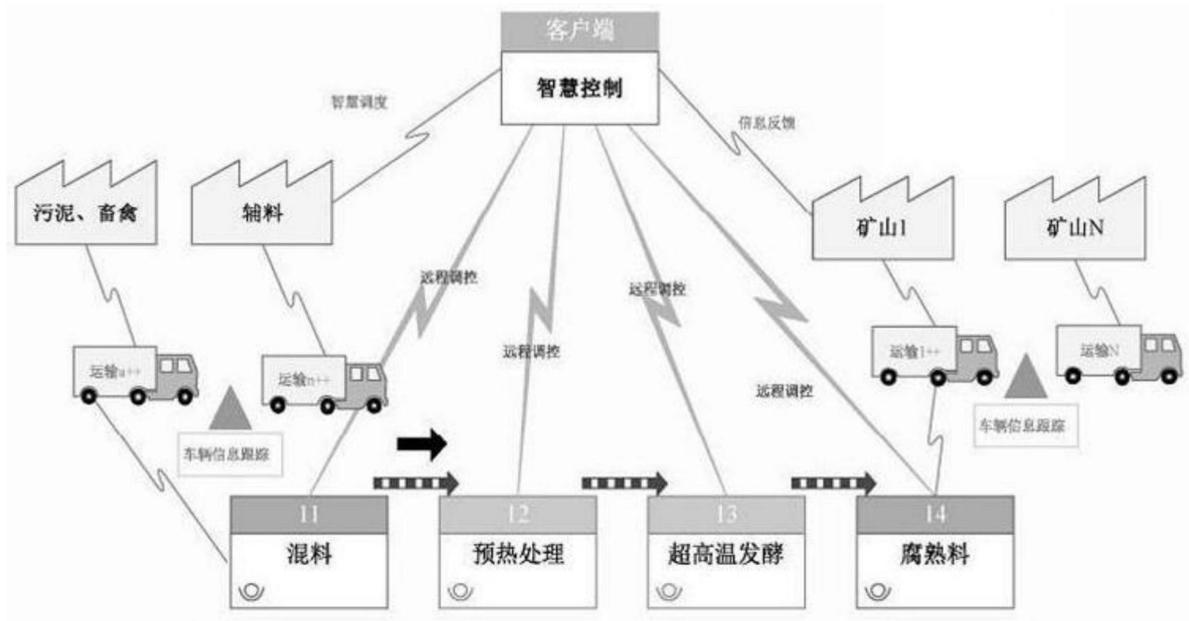


图1

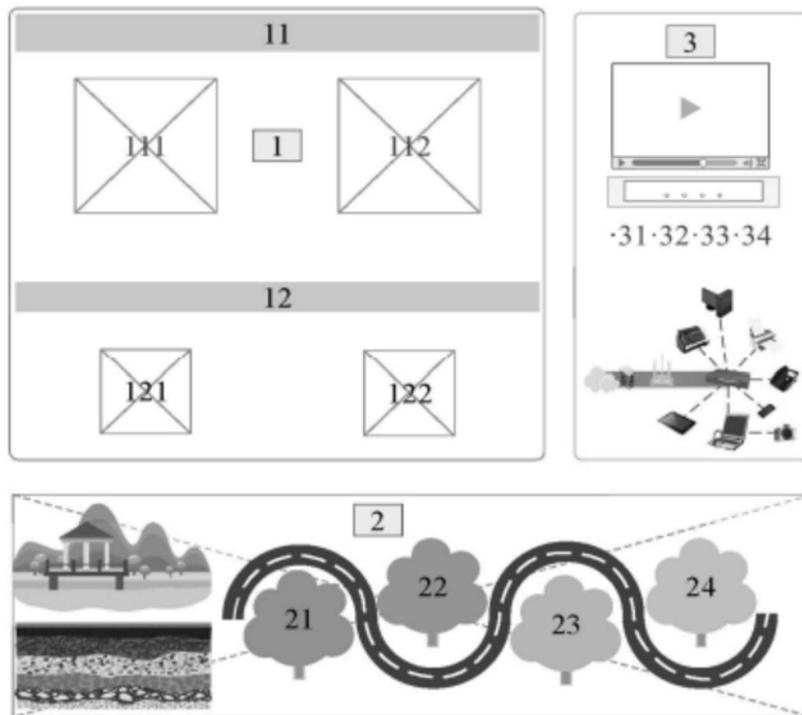


图2