



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116425560 A

(43) 申请公布日 2023. 07. 14

(21) 申请号 202310384538.6

(22) 申请日 2023.04.12

(71) 申请人 上海第二工业大学

地址 201209 上海市浦东新区金海路2360号

申请人 上海净屹环保科技有限公司

(72) 发明人 李如燕 王天赐 王海峰 张承龙

(74) 专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司  
31200

专利代理师 王洁平

(51) Int. Cl.

C04B 38/02 (2006.01)

C04B 28/04 (2006.01)

C04B 40/02 (2006.01)

C04B 111/40 (2006.01)

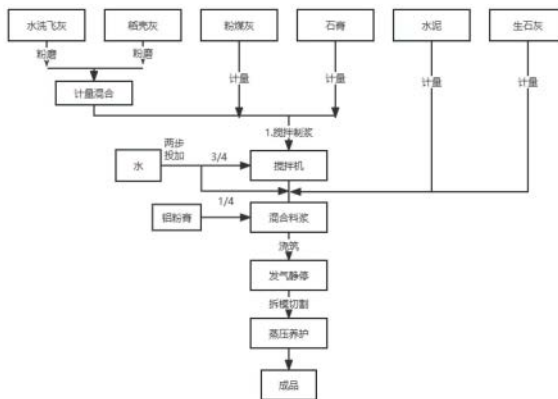
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

## (54) 发明名称

一种利用水洗垃圾焚烧飞灰和稻壳灰的环保型蒸压加气混凝土及其制备方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种利用水洗垃圾焚烧飞灰和稻壳灰的环保型蒸压加气混凝土及其制备方法。所述加气混凝土的干物质包括水洗焚烧飞灰、活性稻壳灰、粉煤灰、石膏、生石灰、水泥和铝粉膏，本发明将水洗处理后的垃圾焚烧飞灰与稻壳灰两种固废协同处置到加气混凝土中，既利用稻壳灰中活性SiO<sub>2</sub>弥补垃圾焚烧飞灰水洗后胶凝活性低缺陷，减少天然砂石等资源的消耗，又减少焚烧飞灰与稻壳灰的堆积污染，解决了加气混凝土原料紧缺和水洗垃圾焚烧飞灰再利用难的问题；本发明得到的制品参照GB/T 30810测定浸出重金属，含量不超过GB 5058.3中规定的限值，实现了二次资源再利用，减少了固体废物危害，具有积极环境效益和现实意义。



1. 一种利用垃圾焚烧飞灰和稻壳灰的环保型蒸压加气混凝土,其特征在于,其干物质原料以总质量为100%计,由以下组分组成:

水泥12.5%~20%

生石灰12%~18%

石膏3%~4.5%

水洗垃圾焚烧飞灰10%~25%

粉煤灰25%~45%

活性稻壳灰10%~15%

铝粉膏0.075%~0.12%。

2. 如权利要求1所述的蒸压加气混凝土,其特征在于,水洗垃圾焚烧飞灰遵照生活垃圾焚烧飞灰污染控制技术规范HJ 1134-2020,重金属浸出浓度不超过标准危险废物鉴别标准GB 5085.3-2007的最高限制, $\text{SiO}_2$ 质量分数 $>10\%$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ 质量分数 $>8\%$ , $\text{CaO}$ 质量分数 $>10\%$ , $\text{Cl}^-$ 的质量分数 $<1\%$ 。

3. 如权利要求1所述的蒸压加气混凝土,其特征在于,活性稻壳灰是600~800℃的温度下的烧制稻壳灰,无定形 $\text{SiO}_2$ 含量 $\geq 60\%$ ,粒径 $<40\mu\text{m}$ 。

4. 如权利要求1所述的蒸压加气混凝土,其特征在于,粉煤灰为一级粉煤灰,需水量比 $\leq 95\%$ 。

5. 一种如权利要求1所述的蒸压加气混凝土的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:将干燥后的水洗垃圾焚烧飞灰颗粒与活性稻壳灰研磨后,充分混合;铝粉膏制成铝粉悬浊液备用;

步骤2:按配比将水洗垃圾焚烧飞灰、活性稻壳灰、粉煤灰和石膏放入搅拌机中搅拌一定时间得到干混料,再加入3/4水量的温水搅拌,之后投加水泥、石灰和剩下1/4水量的温水搅拌,搅拌均匀后将铝粉悬浊液加入料浆中充分搅拌;

步骤3:将步骤2获得的料浆浇筑到加热的钢制模具中,使坯体成型;

步骤4:将浇筑成型的坯体放入静养室预养静停,使铝粉与其他材料在稠化过程中充分反应发气,并得到一定硬度;

步骤5:预养静停结束后,将坯体取出,用切割机对坯体进行切割,去除溢出的面包头;

步骤6:将砌块放入蒸压釜中恒压蒸压养护,取出自然冷却后得到蒸压加气混凝土砌块。

6. 如权利要求5所述的制备方法,其特征在于,步骤1中,研磨后水洗垃圾焚烧飞灰粒径 $<80\mu\text{m}$ 。

7. 如权利要求5所述的制备方法,其特征在于,步骤2中,温水与干物料质量比为0.65:1~0.8:1,温水的温度为45~55℃。

8. 如权利要求5所述的制备方法,其特征在于,步骤2中,搅拌机中搅拌6~8min得到干混料,再加入3/4水量的温水搅拌3~5min,投加水泥、石灰和剩下1/4水量的温水搅拌3~6min,对料浆稠度搅拌均匀后将铝粉悬浊液加入料浆中充分搅拌40~60s;并参照DB36T1274-2020稠度测试方法对稠度进行测试和调整,稠度适宜控制在20~28mm。

步骤3中,加热的钢制模具的温度为45-55℃;

步骤4中,在55~65℃、80%~90%湿度条件下预养静停8~10h;

步骤6中,180~195℃、1.1~1.3Mpa条件下恒压蒸压养护8~10h。

## 一种利用水洗垃圾焚烧飞灰和稻壳灰的环保型蒸压加气混凝土及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于固体废弃物资源化技术领域,具体涉及利用水洗垃圾焚烧飞灰和稻壳灰的环保型蒸压加气混凝土及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 随着城市与城市人口规模的发展,城市生活垃圾的危害愈发不可忽视,垃圾处理的需求与压力不断加大。与其他方式相比,焚烧处理因能最大程度使垃圾减容化、减量化、资源化而被推广应用。但垃圾焚烧后产生的飞灰带来了新的问题,飞灰是垃圾高温焚烧后用烟气收集装置收集得到的残留物,含有锌、铬等重金属和氯盐、二噁英等有毒有害物质,是明确列入我国《国家危险废物名录》的危险废物,年产量超过400万吨,急需对其进行处理处置。目前对焚烧飞灰常见的处理方式是经固化、稳定化、分离萃取或热处理等方法处理后再进行固化填埋与资源化利用,由于填埋占用土地资源、存在二次污染风险,飞灰资源化利用已成为趋势。稻壳灰是稻壳燃烧的产物,通常含有95%左右的二氧化硅,弃置会对土壤和水流造成污染,我国稻壳灰产量占全球市场30%,稻壳灰污染不容忽视。

[0003] 综合比较效益与利用率,当前固废效率最高再生利用方式的是建材化利用。加气混凝土砌块是一种可大量消纳固废的多孔保温节能材料,大量应用于建筑围护结构,近年来由于市场的需求导致天然砂等原材料的紧缺,需要寻找新的材料来源。

[0004] 目前,关于水洗焚烧飞灰和稻壳灰建材资源化的研究与应用已有一定进度:

[0005] 专利CN104310880A提供一种利用水洗预处理垃圾焚烧飞灰提高混凝土抗冻融性能的方法,专利CN114163150A提供一种利用水洗垃圾焚烧飞灰制备胶凝材料的方法,专利CN115466096A公开一种碱激发垃圾焚烧飞灰轻质预制保温砖及其制备方法,专利CN115594456A公开了一种绿色高延性稻壳灰水泥基复合材料,专利CN112521036A公开了一种高活性低温稻壳灰及掺有该稻壳灰的高性能混凝土。以上应用都是单独对飞灰或稻壳灰的单独利用,目前还没有将飞灰与稻壳灰协同应用到混凝土中的方法,同时由于水洗垃圾焚烧飞灰内胶凝物质含量和活性较低,水洗飞灰总体利用率不高。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术存在的不足,本发明的目的是提供一种蒸压加气混凝土及其制备方法。水洗飞灰低含量的胶凝物质会减少水化反应后产生的水化产物,劣化制品性能,本发明通过活性稻壳灰与水洗飞灰充分混合,优化物料中化学组分和反应活性,从而提高水洗飞灰利用率。与现有技术相比,利用活性稻壳灰与水洗垃圾焚烧飞灰协同制备蒸压加气混凝土,在符合GB/T11968标准下可减少粉煤灰等在加气混凝土中掺量的50%,实现固废资源化和环境效益提高的同时不产生二次污染,可以安全地利用大量危废,有较高的社会与环境效益,对现实有积极影响。

[0007] 本发明的技术方案具体介绍如下。

[0008] 一种利用垃圾焚烧飞灰和稻壳灰的环保型蒸压加气混凝土,其干物质原料以总质量为100%计,由以下组分组成:

[0009] 水泥12.5%~20%

[0010] 生石灰12%~18%

[0011] 石膏3%~4.5%

[0012] 水洗垃圾焚烧飞灰10%~25%

[0013] 粉煤灰25%~45%

[0014] 活性稻壳灰10%~15%

[0015] 铝粉膏0.075%~0.12%。

[0016] 本发明中,水洗垃圾焚烧飞灰遵照《生活垃圾焚烧飞灰污染控制技术规范》(HJ 1134-2020),重金属浸出浓度不超过标准危险废物鉴别标准(GB 5085.3-2007)的最高限制, $\text{SiO}_2$ 质量分数 $>10\%$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ 质量分数 $>8\%$ , $\text{CaO}$ 质量分数 $>10\%$ , $\text{Cl}^-$ 的质量分数 $<1\%$ 。

[0017] 本发明中,活性稻壳灰是600~800℃的温度下的烧制稻壳灰,无定形 $\text{SiO}_2$ 含量 $\geq 60\%$ ,粒径 $<40\mu\text{m}$ 。

[0018] 本发明中,粉煤灰为一级粉煤灰,需水量比 $\leq 95\%$ 。

[0019] 本发明还提供一种上述的蒸压加气混凝土的制备方法,包括以下步骤:

[0020] 步骤1:将干燥后的水洗垃圾焚烧飞灰颗粒与活性稻壳灰研磨后,充分混合;铝粉膏制成铝粉悬浊液备用;

[0021] 步骤2:按配比将水洗垃圾焚烧飞灰、活性稻壳灰、粉煤灰和石膏放入搅拌机中搅拌一定时间得到干混料,再加入3/4水量的温水搅拌,之后投加水泥、石灰和剩下1/4水量的温水搅拌,搅拌均匀后将铝粉悬浊液加入料浆中充分搅拌;

[0022] 步骤3:将步骤2获得的料浆浇筑到加热的钢制模具中,使坯体成型;

[0023] 步骤4:将浇筑成型的坯体放入静养室预养静停,使铝粉与其他材料在稠化过程中充分反应发气,并得到一定硬度;

[0024] 步骤5:预养静停结束后,将坯体取出,用切割机对坯体进行切割,去除溢出的面包头;

[0025] 步骤6:将砌块放入蒸压釜中恒压蒸压养护,取出自然冷却后得到蒸压加气混凝土砌块。

[0026] 本发明中,步骤1中,研磨后水洗垃圾焚烧飞灰粒径 $<80\mu\text{m}$ 。

[0027] 本发明中,步骤2中,温水与干物料质量比为0.65:1~0.8:1,温水的温度为45~55℃。

[0028] 本发明中,步骤2中,搅拌机中搅拌6~8min得到干混料,再加入3/4水量的温水搅拌3~5min,投加水泥、石灰和剩下1/4水量的温水搅拌3~6min,搅拌均匀后将铝粉悬浊液加入料浆中充分搅拌40~60s;并参照DB36T 1274-2020稠度测试方法对稠度进行测试和调整,稠度适宜控制在20~28mm。

[0029] 本发明中,步骤3中,加热的钢制模具的温度为45-55℃。

[0030] 本发明中,步骤4中,在55~65℃、80%~90%湿度条件下预养静停8~10h。

[0031] 本发明中,步骤6中,180~195℃、1.1~1.3Mpa条件下恒压蒸压养护8~10h。

[0032] 和现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0033] (1) 本发明将水洗处理后的垃圾焚烧飞灰与稻壳灰两种固废协同处置到加气混凝土中,既利用稻壳灰中活性 $\text{SiO}_2$ 弥补垃圾焚烧飞灰水洗后胶凝活性低缺陷,减少天然砂石等资源的消耗,又减少焚烧飞灰与稻壳灰的堆积污染,解决了加气混凝土原料紧缺和水洗垃圾焚烧飞灰再利用难的问题;

[0034] (2) 本发明实现了稻壳灰与飞灰两种固废协同一体处置,为加气混凝土原材料来源和飞灰、稻壳灰两种固废协同处置提供新途径;

[0035] (3) 飞灰中可溶氯盐含量较高,使用经水洗预处理的焚烧飞灰,减少了大量利用飞灰导致的飞灰中氯离子浸出对混凝土耐久性和环境造成危害,安全性更高,绿色环保。

[0036] (4) 本发明综合利用城市生活垃圾焚烧飞灰和稻壳灰,提高了水洗焚烧飞灰利用率;生产的加气混凝土砌块力学性能根据GB11968-2020《加气混凝土砌块》达到A3.5B06的标准,节省了固废处置费用并变废为宝,实现了飞灰的资源化利用,减少堆积浪费及环境污染,更为飞灰的利用增添了经济效益,符合绿色环保理念。

[0037] (5) 本发明得到的制品参照GB/T 30810测定浸出重金属,含量不超过GB 5058.3中规定的限值,实现了二次资源再利用,减少了固体废物危害,具有积极环境效益和现实意义。

## 附图说明

[0038] 图1为本发明的一种利用垃圾焚烧飞灰和稻壳灰的环保型蒸压加气混凝土的制备工艺流程图。

[0039] 图2为实施例中料浆稠度测试圆筒示意图。

## 具体实施方式

[0040] 下面结合实例对本发明做进一步详细说明,但本发明要求保护范围并不局限于实施例表示范围。

[0041] 实施例中,焚烧垃圾飞灰为上海御桥垃圾焚烧厂水洗处理后焚烧飞灰,水洗后 $\text{Cl}^- < 0.85\%$ ,研磨后粒径 $< 80\mu\text{m}$ ;活性稻壳灰购自江苏瀚方科技,无定形 $\text{SiO}_2$ 含量 $\geq 75\%$ ,研磨后粒径 $\leq 40\mu\text{m}$ ;水泥为杨春水泥po42.5普通硅酸盐水泥;粉煤灰为恒源新材料公司一级优质粉煤灰;中速生石灰购自江西惠灰实业,含量99%;脱硫石膏购自锦源环保。

[0042] 实施例1

[0043] 一种利用垃圾焚烧飞灰和稻壳灰的环保型蒸压加气混凝土,其由以下质量百分比的物质原料制得:

[0044] 水洗垃圾焚烧飞灰10%

[0045] 活性稻壳灰10%

[0046] 生石灰17%

[0047] 水泥14%

[0048] 石膏4%

[0049] 铝粉膏0.8%

[0050] 粉煤灰45%

[0051] 水料比0.65

[0052] 具体制备方法如下:

[0053] 步骤1:将干燥后的水洗垃圾焚烧飞灰颗粒与稻壳灰研磨后,充分混合;铝粉膏制成铝粉悬浊液备用(外掺法投加,不计入物料计算);

[0054] 步骤2:按配比将飞灰、活性稻壳灰、粉煤灰和石膏放入搅拌机中慢速干搅拌6min得到干混料,再加入3/4水量的45℃温水搅拌4min,之后投加水泥、生石灰和剩下1/4水量的45℃温水搅拌3min,搅拌均匀后将铝粉悬浊液加入料浆中快速充分搅拌40s;钢制模具在50℃环境下预热;参照DB36T 1274-2020稠度测试方法测得稠度27mm;

[0055] 步骤3:当料浆充分混合后,在一定温度下浇筑到模具中,使坯体成型;

[0056] 步骤4:将浇筑成型的坯体放入静养室在60℃预养静停9h,使铝粉与其他材料在稠化过程中充分反应发气,并得到一定硬度;

[0057] 步骤5:预养静停结束后,将坯体取出,用切割机对坯体进行切割,去除溢出的面包头;

[0058] 步骤6:将砌块放入蒸压釜中185℃、1.1Mpa条件下恒压蒸压养护8h,取出冷却后得到砌块。参照GB/T11969-2020《蒸压加气混凝土砌块性能测试方法》测得砌块干密度为612kg/m<sup>3</sup>,抗压强度为5.11MPa。

[0059] 实施例2

[0060] 一种利用垃圾焚烧飞灰和稻壳灰的环保型蒸压加气混凝土,由以下质量百分比的物质原料制得:

[0061] 水洗垃圾焚烧飞灰15%

[0062] 活性稻壳灰 10%

[0063] 生石灰 16%

[0064] 水泥 15%

[0065] 石膏 4%

[0066] 铝粉膏 0.85%

[0067] 粉煤灰 40%

[0068] 水料比0.66;

[0069] 具体制备方法如下:

[0070] 步骤1:将干燥后的水洗垃圾焚烧飞灰颗粒与活性稻壳灰研磨后,充分混合;铝粉膏制成铝粉悬浊液备用(外掺法投加,不计入物料计算);

[0071] 步骤2:按配比将飞灰、活性稻壳灰、粉煤灰和石膏放入搅拌机中慢速干搅拌7min得到干混料,再加入3/4水量的48℃温水搅拌3min,之后投加水泥、生石灰和剩下1/4水量的48℃温水搅拌3min,搅拌均匀后将铝粉悬浊液加入料浆中快速充分搅拌40s;钢制模具在50℃环境下预热;参照DB36T 1274-2020稠度测试方法(稠度测试圆筒如图2所示)测得稠度25mm;

[0072] 步骤3:当料浆充分混合后,在一定温度下浇筑到模具中,使坯体成型;

[0073] 步骤4:将浇筑成型的坯体放入静养室在60℃预养静停10h,使铝粉与其他材料在稠化过程中充分反应发气,并得到一定硬度;

[0074] 步骤5:预养静停结束后,将坯体取出,用切割机对坯体进行切割,去除溢出的面包头;

[0075] 步骤6:将砌块放入蒸压釜中185℃、1.1Mpa条件下恒压蒸压养护9h,取出冷却后得到砌块。参照GB/T11969-2020《蒸压加气混凝土砌块性能测试方法》测得砌块干密度为585kg/m<sup>3</sup>,抗压强度为4.65MPa。

[0076] 实施例3

[0077] 一种利用垃圾焚烧飞灰和稻壳灰的环保型蒸压加气混凝土,由以下质量百分比的物质原料组成:

[0078] 水洗垃圾焚烧飞灰 20%

[0079] 活性稻壳灰 15%

[0080] 生石灰 14%

[0081] 水泥 17.5%

[0082] 石膏 3.5%

[0083] 铝粉膏 0.84%

[0084] 粉煤灰 30%

[0085] 水料比0.67

[0086] 具体制备方法如下:

[0087] 步骤1:将干燥后的水洗垃圾焚烧飞灰颗粒与活性稻壳灰研磨后,充分混合;铝粉膏制成铝粉悬浊液备用(外掺法投加,不计入物料计算);

[0088] 步骤2:按配比将飞灰、活性稻壳灰、粉煤灰和石膏放入搅拌机中8min得到干混料,再加入3/4水量的50℃温水搅拌5min,之后投加水泥、生石灰和剩下1/4水量的50℃温水搅拌3min,搅拌均匀后将铝粉悬浊液加入料浆中快速充分搅拌40s;钢制模具在50℃环境下预热;参照DB36T 1274-2020稠度测试方法测得稠度24mm;

[0089] 步骤3:当料浆充分混合后,在一定温度下浇筑到模具中,使坯体成型;

[0090] 步骤4:将浇筑成型的坯体放入静养室在60℃预养静停10h,使铝粉与其他材料在稠化过程中充分反应发气,并得到一定硬度;

[0091] 步骤5:预养静停结束后,将坯体取出,用切割机对坯体进行切割,去除溢出的面包头;

[0092] 步骤6:将砌块放入蒸压釜中190℃、1.1Mpa条件下恒压蒸压养护10h,取出冷却后得到砌块。参照GB/T11969-2020《蒸压加气混凝土砌块性能测试方法》测得砌块干密度为602kg/m<sup>3</sup>,抗压强度为4.78MPa。

[0093] 依照GB11969-2020对上述制品进行强度与导热性能测试,所得指标如表1。

[0094] 表1

	抗压强度(MPa)	干密度(kg/m <sup>3</sup> )	导热系数
[0095] 实施例 1	5.11	612	0.1463
实施例 2	4.65	585	0.1467
[0096] 实施例 3	4.78	602	0.1517
标准要求	≥3.5	≤650	≤0.16

[0097] 从上述实验数据可以得出,本发明提供的蒸压加气混凝土砌块的力学与导热性能达到了GB11968-2020《蒸压加气混凝土砌块》中A3.5B06等级的要求;《中华人民共和国国家发展和改革委员会公告2021年第8号》中公布了《政府定价的经营服务性收费目录清单(2022



版)》，其中上海市其他危废处置费中明确标注了处置飞灰费用1860元/吨，本发明提供制品每立方可消纳经水洗后垃圾焚烧飞灰约160kg，可节约飞灰处置费用约300元，在节约飞灰处置成本同时可以创造经济效益，有积极的现实意义。

[0098] 参照GB/T 30810对制品测试，结果如表2。

[0099] 表2

[0100]

	实例1	实例2	实例3
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.2	<0.2	<0.2
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.005	<0.005	0.018
Cr <sup>6+</sup> (mg/L)	<0.01	<0.01	0.02
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01

[0101] 上述结果表明，上述对飞灰二次利用的制备中重金属离子浸出远低于标准GB5085.3-2007对固体废弃物重金属离子浸出浓度限制的Pb<sup>2+</sup>3mg/L, Cd<sup>2+</sup>0.3mg/L, Zn<sup>2+</sup>50mg/L, Cu<sup>2+</sup>50mg/L, Cr<sup>6+</sup>1.5mg/L。

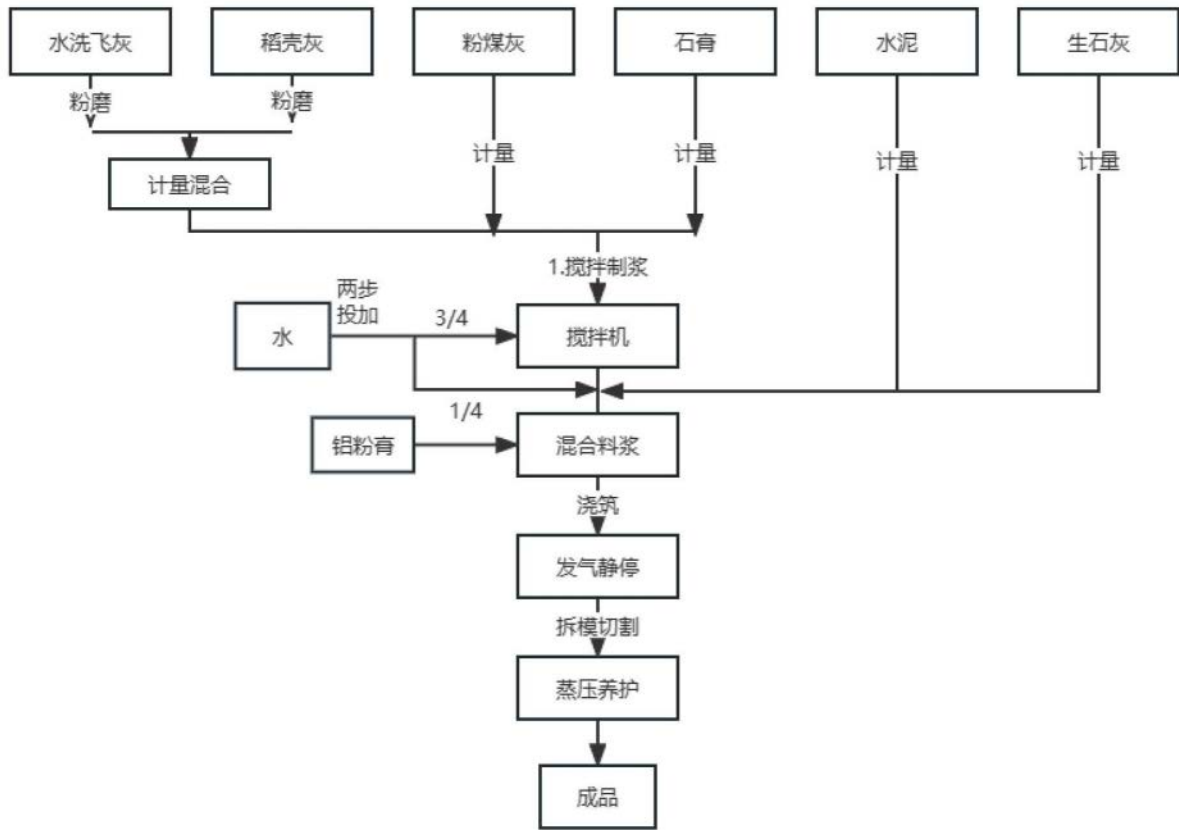


图1

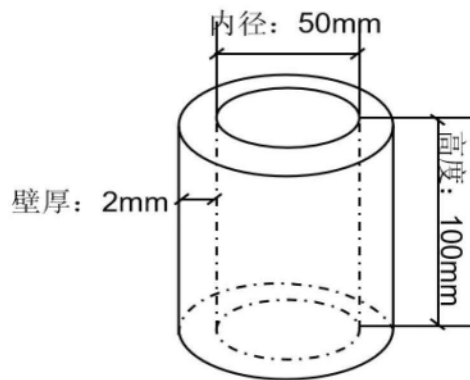


图2