



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104986934 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201510303216. X

C10B 57/10(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 06. 05

(71) 申请人 李学文

地址 101213 北京市平谷区夏各庄镇安固后  
街 110 号

(72) 发明人 李学文 林常婧

(74) 专利代理机构 北京轻创知识产权代理有限  
公司 11212

代理人 杨立

(51) Int. Cl.

C02F 11/10(2006. 01)

C02F 11/12(2006. 01)

C02F 1/28(2006. 01)

C10B 53/00(2006. 01)

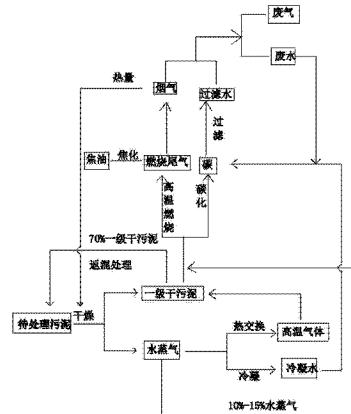
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

一种连续式污泥热分解方法和装置

(57) 摘要

本发明涉及一种连续式污泥热分解方法和装置，所述方法包括干燥碳化：将待处理污泥在负压下进行干燥碳化；热交换回收：将污泥干燥过程产生的高温水蒸汽的进行热交换冷凝处理，并将热量回收用于干燥过程，将冷凝水经碳化产生的碳吸附过滤后回收循环利用；燃烧尾气处理：所述碳化过程产生烟气经过干燥系统的外壁降温后，经冷凝水洗净处理，洗净后的烟气可排放，洗净过程产生的废水经污泥碳化产生的碳吸附除杂后再次形成过滤水循环利用。本发明的连续式污泥分解方法充分利用污泥干燥和碳化过程中产生的热量和产物，并将热量回收循环利用到污泥的干燥和碳化过程，建立了自给自足的热能供应系统，不需要消耗额外的能源，十分节能环保。



1. 一种连续式污泥热分解方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤 1) 干燥过程:将待处理污泥在输料装置内搅拌均匀后传输到干燥窑炉中,待处理污泥在干燥窑炉内干燥至含水量 10% -30%,形成一级干污泥且产生高温水蒸气,将一级干污泥分成两部分,分别为待碳化污泥和循环污泥;将循环污泥回流至输料装置内与待处理污泥混合,形成含水量 40% -50% 的二级干污泥;干燥窑炉内为负压;

步骤 2) 碳化过程:将待碳化污泥传输至碳化窑炉中进行碳化获得碳及燃烧尾气,碳化窑炉内为负压;

步骤 3) 热交换回收:将步骤 1) 干燥过程产生的高温水蒸汽的一部分进行热交换冷凝除湿处理,将热量回收并获得干冷空气和冷凝水;将高温水蒸汽的另一部分传送至步骤 2) 的碳化窑炉为碳化提供能量;干冷空气再经热交换冷凝除湿处理过程回收的热量加热后进入干燥过程,为干燥过程提供所需热能;冷凝水经步骤 2) 获得的碳吸附除杂后形成过滤水;

步骤 4) 燃烧尾气处理:步骤 2) 所述碳化过程产生的燃烧尾气先经过焦油气化处理,分解成焦油和烟气,所述烟气降温后经步骤 3) 所述过滤水进行洗净处理过程,洗净后的烟气可排放,洗净处理过程产生的废水经步骤 2) 获得的碳吸附除杂后再次形成过滤水循环利用。

2. 根据权利要 1 所述一种连续式污泥热分解方法,其特征在于,步骤 2) 所述碳化过程还包括:将刚出炉的碳携带的热量通过风机传输至输料装置内的待处理污泥中,将输料装置内的待处理污泥在搅拌过程产生的水蒸汽通过风机传输至刚出炉的碳中。

3. 根据权利要求 1 所述一种连续式污泥热分解方法,其特征在于,步骤 1) 所述待处理污泥依次从上至下经过干燥过程和碳化过程;步骤 4) 所述燃烧尾气处理过程在尾气处理装置中烟气的走向为从下至上。

4. 一种连续式污泥热分解装置,其特征在于,包括干燥机组(1)、碳化装置(2)、循环水装置(3)、热交换回收装置(4)、输料装置(5)、尾气处理装置(6) 和燃料供应装置(9);

所述燃料供应装置(9) 分别与干燥机组(1) 和碳化装置(2) 相连;所述干燥机组(1) 上设有第一进料口(11)、第一出料口(12)、第一进气口(13) 和第一出气口(14);

所述碳化装置(2) 上设有第二进料口(21)、第二出料口(22)、第二进气口(23) 和第二出气口(24);所述热交换回收装置(4) 上设有第三进气口(4231)、第三出气口(4221) 和第一出水口(41);所述尾气处理装置(6) 上设有第四进气口(61)、第四出气口(62)、第一进水口(63)、第二出水口(64);

所述第一进料口(11) 通过输料管道与输料装置(5) 相连,所述第一出料口(12) 通过输料管道分别与第二进料口(21) 和输料装置(5) 相连,所述第一进气口(13) 通过第一输气管道(81) 与第三出气口(4221) 相连,所述第一出气口(14) 通过第二输气管道(82) 与第三进气口(4231) 相连;所述第二出料口(22) 通过输料管道与循环水装置(3) 相连,所述第二进气口(23) 通过第二输气管道(82) 与第一出气口(14) 相连,所述第二出气口(24) 通过第一输气管道(81) 与第四进气口(61) 相连;所述循环水装置(3) 分别与第一进水口(63)、第二出水口(64) 和第一出水口(41) 相连;所述第二输气管道(82) 上设有高压风机(821)。

5. 根据权利要求 4 所述一种连续式污泥热分解装置,其特征在于,所述干燥机组(1) 包

括至少 2 个干燥窑炉 (15) ,所述各干燥窑炉 (15) 串联后与碳化装置 (2) 相连,所述各干燥窑炉 (15) 从上至下相互平行设置,所述碳化装置 (2) 设置在干燥窑炉 (15) 的下方;所述干燥机组 (1) 外壁上包裹有密封壁 (16) ,所述密封壁 (16) 与干燥机组 (1) 外壁之间形成流通腔 (17) ,所述流通腔 (17) 的下端与碳化装置 (2) 连通,所述流通腔 (17) 的上端与尾气处理装置 (6) 的第四进气口 (61) 相连;所述干燥窑炉 (15) 内设有螺杆推进器 (151) 。

6. 根据权利要求 5 所述一种连续式污泥热分解装置,其特征在于,所述碳化装置 (2) 包括燃烧机 (25) 和焦油汽化器 (26) ,所述燃烧机 (25) 通过第一输气管道 (81) 与焦油汽化器 (26) 相连;所述焦油汽化器 (26) 通过第一输气管道 (81) 与流通腔 (17) 连通;所述碳化装置 (2) 内设有螺杆推进器。

7. 根据权利要求 4 所述一种连续式污泥热分解装置,其特征在于,所述热交换回收装置 (4) 还包括超导热管热回收器 (42) 和螺杆式压缩机 (43) ,所述超导热管热回收器 (42) 包括“Z”形导热板 (421) ,所述“Z”形导热板 (421) 上端连接有储热器 (422) ,下端连接有换热器 (423) ,所述螺杆式压缩机 (43) 设置在“Z”形导热板 (421) 的左侧空隙处,所述换热器 (423) 与螺杆式压缩机 (43) 相连;所述换热器 (423) 包括第三进气口 (4231) 和内置出气口 (4232) ,所述储热器 (422) 包括第三出气口 (4221) 和内置进气口 (4222) ,所述螺杆式压缩机 (43) 包括第五进气口 (431) 、第五出气口 (432) 和第一出水口 (41) ,所述第五进气口 (431) 与内置出气口 (4232) 相连,所述第五出气口 (432) 与内置进气口 (4222) 相连;所述换热器 (423) 采用超导相变材料热管回收干燥机组 (1) 第一出气口 (14) 排出的水蒸气的热量;所述螺杆式压缩机 (43) 采用 R401A 制冷剂将经过热量回收的水蒸气进行冷凝,冷凝水经过第一出水口 (41) 进入循环水装置 (3) ,冷凝除湿后的空气经过内置出气口 (4232) 进入储热器 (422) 加热升温后进入干燥机组 (1) 循环利用。

8. 根据权利要求 4 所述一种连续式污泥热分解装置,其特征在于,所述第二出料口 (22) 与循环水装置 (3) 之间设有出碳冷却罐 (7) ,所述出碳冷却罐 (7) 上设有第六进气口 (71) 和第六出气口 (72) ,所述第六进气口 (71) 和第六出气口 (72) 分别通过第二输气管道 (82) 与输料装置 (5) 相连。

9. 根据权利要求 4 所述一种连续式污泥热分解装置,其特征在于,所述循环水装置 (3) 包括吸附净化装置 (31) 和循环水箱 (32) ,所述吸附净化装置 (31) 包括第二进水口 (311) 、第三出水口 (312) ,所述第三出水口 (312) 与第一进水口 (63) 相连,所述第一出水口 (41) 、第二出水口 (64) 通过输水管道与第二进水口 (311) 相连。

10. 根据权利要求 4 所述一种连续式污泥热分解装置,其特征在于,所述输料装置 (5) 为单轴返混搅拌机或角斗式提升机,所述单轴返混搅拌机上设有污泥输送泵。

## 一种连续式污泥热分解方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及污泥处理技术领域,具体涉及一种连续式污泥热分解系统。

### 背景技术

[0002] 随着城市化进程步伐的加快,市政污泥的产出量也在同步大幅增加,污泥的成分很复杂,包含有机物、无机物、微生物、重金属、盐类等。

[0003] 现有技术中,市政污泥处理系统中的物质流可分为四类:污泥流、热气流、空气流和水流。现有方法先将含水率 80% 左右的脱水污泥经过污泥斗后进入干化炉中,初始污泥在干化炉中被干化至含水率 30% 后由传送带送至碳化炉中进行碳化,然后碳化后的污泥由传送带送入冷却塔内进行冷却。现有的干燥系统采用明火热气烘干,干燥过程产生大量的微尘,尤其是在干燥出料工序中,风机产生大量 PM100 以上的微尘,对环境造成大量污染。现有的碳化主机采用螺旋式推进器,该推进器很难承受完全碳化所需的 700℃ 以上的高温,很难保持连续稳定运行状态。现有污泥热分解方法采用循环水冷却系统,由于出碳温度可达到 500℃ 以上,需要大量的循环冷水来降低温度,能源消耗和机械消耗大。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种可实现热量、产物循环利用的多功能高效环保型污泥处理方法和装置。

[0005] 本发明解决上述技术问题的技术方案如下:一种连续式污泥热分解方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤 1) 干燥过程:将待处理污泥在输料装置内搅拌均匀后传输到干燥窑炉中,待处理污泥在干燥窑炉内干燥至含水量 10% -30%,形成一级干污泥且产生高温水蒸气,将一级干污泥分成两部分,分别为待碳化污泥和循环污泥;将循环污泥回流至输料装置内与待处理污泥混合,形成含水量 40% -50% 的二级干污泥;干燥窑炉内为负压;

[0007] 步骤 2) 碳化过程:将待碳化污泥传输至碳化窑炉中进行碳化获得碳及燃烧尾气,碳化过程在负压下进行;

[0008] 步骤 3) 热交换回收:将步骤 1) 干燥过程产生的高温水蒸汽的一部分进行热交换冷凝除湿处理,将热量回收并获得干冷空气和冷凝水;将高温水蒸汽的另一部分传送至步骤 2) 的碳化窑炉为碳化提供能量;干冷空气再经热交换冷凝除湿处理过程回收的热量加热后进入干燥过程,为干燥过程提供所需热能;冷凝水经步骤 2) 获得的碳吸附除杂后形成过滤水;

[0009] 步骤 4) 燃烧尾气处理:步骤 2) 所述碳化过程产生的燃烧尾气先经过焦油气化处理,分解成焦油和烟气,所述烟气降温后经步骤 3) 所述过滤水进行洗净处理过程,洗净后的烟气可排放,洗净处理过程产生的废水经步骤 2) 获得的碳吸附除杂后再次形成过滤水循环利用。

[0010] 本发明的有益效果是:①本发明的污泥处理方法中,将污泥在干燥过程产生的高

温水蒸气进行热交换,热交换回收的热量用于加热除湿后的低温空气,低温空气加热后用于污泥的干燥过程,整个干燥过程的热量可循环利用,热能损耗小,初始提供一次能量就能保证整个污泥处理过程的连续循环运行;②冷凝水可经过碳的吸附净化处理用于碳化过程产生尾气的脱磷脱硝过程,与尾气混合后的废水可再经碳吸附净化继续循环利用,整个尾气处理过程将热交换回收产生的冷凝水和碳化过程产生的碳充分循环利用,不需要消耗额外的蒸馏水或吸附剂,达到高效节能环保的目的;③本发明采用初始污泥和高温干燥污泥按一定比例返混形成待处理污泥,能够对初始污泥进行预热干燥,一方面能够保证很快过度到后续干燥阶段,另一方面也防止含水量过高的初始污泥粘附在干燥系统内壁上;④干燥和碳化均在负压下进行,可保证污泥在干燥过程中产生的臭味不会外泄,避免污染空气。

[0011] 在上述技术方案的基础上,本发明还可以做如下改进。

[0012] 进一步,步骤 2) 所述碳化过程还包括:将刚出炉的碳携带的热量通过风机传输至输料装置内的待处理污泥中,将输料装置内的待处理污泥在搅拌过程产生的水蒸汽通过风机传输至刚出炉的碳中。

[0013] 采用上述进一步方案的有益效果是:由于刚出炉的碳温度在 500°C -700°C 之间,冷却过程很慢,通过风机将刚出炉的碳的热量传送到待处理污泥中,并将待处理污泥蒸发的水蒸气传送到刚出炉的碳中,在高温碳和低温污泥建立了一个温度循环,加快高温碳降温的同时,也加速了低温污泥的除湿干燥,加快了方法流程,节约了大量的热能。

[0014] 进一步,步骤 1) 所述待处理污泥依次从上至下经过干燥过程和碳化过程;步骤 4) 所述燃烧尾气处理过程在尾气处理装置中烟气的走向为从下至上。

[0015] 采用上述进一步方案的有益效果是:由于碳化窑炉排出的烟气温度很高,不利于直接进行清洗,需要先对烟气进行降温处理。由于污泥从干燥到碳化,温度逐渐升高,因此,将污泥的走向和高温烟气的走向相反设置,可将烟气的热量逐层传递给干燥窑炉,也使烟气的温度逐渐降低。

[0016] 本发明的一种连续式污泥热分解装置,包括干燥机组、碳化装置、循环水装置、热交换回收装置、输料装置、尾气处理装置和燃料供应装置;

[0017] 所述燃料供应装置分别与干燥机组和碳化装置相连;所述干燥机组上设有第一进料口、第一出料口、第一进气口和第一出气口;

[0018] 所述碳化装置上设有第二进料口、第二出料口、第二进气口和第二出气口;所述热交换回收装置上设有第三进气口、第三出气口和第一出水口;所述尾气处理装置上设有第四进气口、第四出气口、第一进水口、第二出水口;

[0019] 所述第一进料口通过输料管道与输料装置相连,所述第一出料口通过输料管道分别与第二进料口和输料装置相连,所述第一进气口通过第一输气管道与第三出气口相连,所述第一出气口通过第二输气管道与第三进气口相连;所述第二出料口通过输料管道与循环水装置相连,所述第二进气口通过第二输气管道与第一出气口相连,所述第二出气口通过第一输气管道与第四进气口相连;所述循环水装置分别与第一进水口、第二出水口和第一出水口相连;所述第二输气管道上设有高压风机。

[0020] 本发明的有益效果是:本发明的污泥处理装置中,通过将干燥机组与热交换回收装置相连,将干燥机组干燥过程产生的高温水蒸气进行热交换,热交换回收的热量用于加热除湿后的低温空气,低温空气加热后用于干燥机组的干燥过程,整个干燥过程的热量可

循环利用,热能损耗小,初始提供一次能量就能保证整个污泥处理过程的连续循环运行;本发明将干燥机组的出料口分别与碳化装置和输料装置相连,将污泥一部分用于碳化,另一部分与初始污泥混合,采用初始污泥和高温干燥污泥按一定比例返混形成待处理污泥,能够对初始污泥进行预热干燥,一方面能够保证很快过度到后续干燥阶段,另一方面也防止含水量过高的初始污泥粘附在干燥系统内壁上。

[0021] 进一步,所述干燥机组包括至少2个干燥窑炉,所述各干燥窑炉串联后与碳化装置相连,所述各干燥窑炉从上至下相互平行设置,所述碳化装置设置在干燥窑炉的下方;所述干燥机组外壁上包裹有密封壁,所述密封壁与干燥机组外壁之间形成流通腔,所述流通腔的下端与碳化装置连通,所述流通腔的上端与尾气处理装置的第四进气口相连;所述干燥窑炉内设有螺杆推进器。

[0022] 采用上述进一步方案的有益效果是:通过将干燥窑炉设置在碳化装置的上方,污泥依靠自身重力从上至下运行,不需要借助外界动力;通过设置螺杆推进器,可通过旋转将物料推进到下一流程,简单节能;通过在干燥机组的外壁设置密封壁,在密封壁和干燥机组外壁之间形成流通腔,流通腔与尾气处理装置相连,使高温碳化尾气经过流通腔,通过将热量传递给干燥窑炉进行降温,以便于尾气处理;该设置能够充分利用热能的同时,也对尾气进行了降温处理。

[0023] 进一步,所述碳化装置包括燃烧机和焦油汽化器,所述燃烧机通过第一输气管道与焦油汽化器相连;所述焦油汽化器通过第一输气管道与流通腔连通;所述碳化装置内设有螺杆推进器。

[0024] 采用上述进一步方案的有益效果是:通过设置焦油汽化器,可将燃烧尾气中的有害成分焦油化处理,防止有害物质排出。

[0025] 进一步,所述热交换回收装置还包括超导热管热回收器和螺杆式压缩机,所述超导热管热回收器包括“Z”形导热板,所述“Z”形导热板上端连接有储热器,下端连接有换热器,所述螺杆式压缩机设置在“Z”形导热板的左侧空隙处,所述换热器与螺杆式压缩机相连;所述换热器包括第三进气口和内置出气口,所述储热器包括第三出气口和内置进气口,所述螺杆式压缩机包括第五进气口、第五出气口和第一出水口,所述第五进气口与内置出气口相连,所述第五出气口与内置进气口相连;所述换热器采用超导相变材料热管回收干燥机组第一出气口排出的水蒸气的热量;所述螺杆式压缩机采用R401A制冷剂将经过热量回收的水蒸气进行冷凝,冷凝水经过第一出水口进入循环水装置,冷凝除湿后的空气经过内置出气口进入储热器加热升温后进入干燥机组循环利用。

[0026] 采用上述进一步方案的有益效果是:通过“Z”形导热板将储热器和换热器连接起来,且螺杆式压缩机设置在“Z”形导热板的左侧空隙处,结构设计合理,充分利用空间;将高温水蒸气经过除热、除湿后,再加热后用于干燥机组中,将热能充分利用;R401A制冷效果显著。

[0027] 进一步,所述第二出料口与循环水装置之间设有出碳冷却罐,所述出碳冷却罐上设有第六进气口和第六出气口,所述第六进气口和第六出气口分别通过第二输气管道与输料装置相连。

[0028] 采用上述进一步方案的有益效果是:由于刚出炉的碳温度在500°C-700°C之间,冷却过程很慢,通过设置出碳冷却罐,设置风机将刚出炉的碳的热量传送到输料装置中,并

将输料装置蒸发的水蒸气传送到刚出炉的碳中，在出碳冷却罐和输料装置建立了一个温度循环，加快高温碳降温的同时，也加速了低温污泥的除湿干燥，加快了方法流程，节约了大量的热能。

[0029] 进一步，所述循环水装置包括吸附净化装置和循环水箱，所述吸附净化装置包括第二进水口、第三出水口，所述第三出水口与第一进水口相连，所述第一出水口、第二出水口通过输水管道与第二进水口相连。

[0030] 采用上述进一步方案的有益效果是：通过设置吸附净化装置，将冷却后的碳用于冷凝水的吸附净化，吸附净化后的过滤水通过循环水箱在尾气净化装置之间建立循环，吸附净化装置将热交换回收产生的冷凝水和碳化过程产生的碳充分循环利用，不需要消耗额外的蒸馏水或吸附剂，达到高效节能环保的目的。

[0031] 进一步，所述输料装置为单轴返混搅拌机或角斗式提升机，所述单轴返混搅拌机上设有污泥输送泵。

[0032] 采用上述进一步方案的有益效果是：采用单轴返混搅拌机可加快污泥的传输速度，采用角斗式提升机可节约能源。

## 附图说明

[0033] 图 1 为本发明连续式污泥热分解方法流程图；

[0034] 图 2 为本发明连续式污泥热分解装置图。

[0035] 附图中，各标号所代表的部件列表如下：

[0036] 1、干燥机组；11、第一进料口；12、第一出料口；13、第一进气口；14、第一出气口；15、干燥窑炉；151、螺杆推进器；16、密封壁；17、流通腔；2、碳化装置；21、第二进料口；22、第二出料口；23、第二进气口；24、第二出气口；25、燃烧机；26、焦油汽化器；3、循环水装置；31、吸附净化装置；311、第二进水口；312、第三出水口；32、循环水箱；33、链板式变速出渣机；4、热交换回收装置；41、第一出水口；42、超导热管热回收器；421、“Z”形导热板；422、储热器；4221、第三出气口；4222、内置进气口；423、换热器；4231、第三进气口；4232、内置出气口；43、螺杆式压缩机；431、第五进气口；432、第五出气口；5、输料装置；6、尾气处理装置；61、第四进气口；62、第四出气口；63、第一进水口；64、第二出水口；7、出碳冷却罐；71、第六进气口；72、第六出气口；8、输气管道；81、第一输气管道；82、第二输气管道；821、高压风机；9、燃料供应装置。

## 具体实施方式

[0037] 以下结合附图对本发明的原理和特征进行描述，所举实例只用于解释本发明，并非用于限定本发明的范围。

[0038] 如图 1 所示，一种连续式污泥热分解方法，其特征在于，包括以下步骤：

[0039] 步骤 1) 干燥过程：将输料装置内的含水量 80% -90% 的待处理污泥搅拌均匀后传输到干燥窑炉中，干燥窑炉内为负压，待处理污泥在干燥窑炉内干燥至含水量 10% -30%，形成一级干污泥且产生高温水蒸气，将一级干污泥分成两部分，分别为占总重量 20% -40% 的待碳化污泥和占总重量 60% -80% 的循环污泥；将循环污泥回流至输料装置内与待处理污泥混合，形成含水量 40% -50% 的二级干污泥，二级干污泥为后续的待处

理污泥；后续的干燥过程均将一定量的循环污泥回流至输料装置内进行返混处理；本发明采用初始污泥和高温干燥污泥按一定比例返混形成待处理污泥，能够对初始污泥进行预热干燥，一方面能够保证很快过度到后续干燥阶段，另一方面也防止含水量过高的初始污泥粘附在干燥系统内壁上。干燥窑炉内为负压，可保证污泥在干燥过程中产生的臭味不会外泄，避免污染空气。

[0040] 步骤 2) 碳化过程：将 20% -40% 的待碳化污泥传输进入碳化窑炉进行碳化获得碳及燃烧尾气，碳化温度为 550℃ -700℃，碳化窑炉内压强为负压，可保证污泥在无氧 / 低氧状态下热解碳化成烷类、不凝气体和黑碳，高温气体回流为干燥设备外壁持续加热，黑碳经冷却后可循环利用。

[0041] 步骤 3) 热交换回收：将步骤 1) 干燥窑炉产生的高温水蒸汽的一部分进行热交换冷凝除湿处理，将热量回收并获得 7℃ -12℃ 的干冷空气和冷凝水；将高温水蒸气的另一部分传送至步骤 2) 的碳化窑炉为碳化提供能量；干冷空气再经热交换冷凝除湿处理过程回收的热量加热后进入干燥窑炉，为干燥窑炉提供所需热能，干燥窑炉内的压强为负压；冷凝水经步骤 2) 获得的碳吸附除杂后形成过滤水；本发明的污泥处理方法中，将干燥窑炉干燥过程产生的高温水蒸气进行热交换，热交换回收的热量用于加热除湿后的低温空气，低温空气加热后用于干燥窑炉的干燥过程，整个干燥过程的热量可循环利用，热能损耗小，初始提供一次能量就能保证整个污泥处理过程的连续循环运行。

[0042] 步骤 4) 燃烧尾气处理：步骤 2) 所述碳化过程产生的燃烧尾气先经过焦油气化处理，分解成焦油和烟气，所述烟气经过干燥窑炉的外壁降温后，经所述过滤水进行洗净处理，洗净后的烟气可排放，洗净过程产生的废水经步骤 2) 获得的碳吸附除杂后再次形成过滤水循环利用。由于干燥窑炉内的温度为 80℃ -100℃，而碳化窑炉内的温度为 550℃ -700℃，烟气刚才碳化窑炉内排出时温度很高，经过碳化窑炉的外壁后，可将热量传递给干燥窑炉，也可对烟气本身起到一定的冷却作用，避免了烟气温度过高不利于尾气洗净处理。冷凝水可经过碳的吸附净化处理用于碳化过程产生尾气的脱磷脱硝过程，与尾气混合后的废水可再经碳吸附净化继续循环利用，整个尾气处理过程将热交换回收产生的冷凝水和碳化过程产生的碳充分循环利用，不需要消耗额外的蒸馏水或吸附剂，达到高效节能环保的目的。

[0043] 本发明的干燥碳化过程还可以包括：将刚出炉的碳携带的热量经风机传输至输料装置内的待处理污泥中，将待处理污泥搅拌过程产生的水蒸汽经风机传输至刚出炉的碳中。由于刚出炉的碳温度在 500℃ -700℃ 之间，冷却过程很慢，通过风机将刚出炉的碳的热量传送到待处理污泥中，并将待处理污泥蒸发的水蒸气传送到刚出炉的碳中，在高温碳和低温污泥建立了一个温度循环，加快高温碳降温的同时，也加速了低温污泥的除湿干燥，加快了方法流程，节约了大量的热能。

[0044] 本发明方法中，待处理污泥依次从上至下经过干燥过程和碳化过程；所述燃烧尾气处理过程中烟气的走向为从下至上。由于碳化窑炉排出的烟气温度很高，不利于直接进行清洗，需要先对烟气进行降温处理。由于污泥从干燥到碳化，温度逐渐升高，因此，将污泥的走向和高温烟气的走向相反设置，可将烟气的热量逐层传递给干燥窑炉，也使烟气的温度逐渐降低。

[0045] 如图 2 所示，本实施例的一种连续式污泥热分解装置，包括干燥机组 1、碳化装置

2、循环水装置 3、热交换回收装置 4、输料装置 5、尾气处理装置 6 和燃料供应装置 9，各装置之间通过输气管道 8 或输水管道相连，输气管道 8 包括第一输气管道 81 和第二输气管道 82；燃料供应装置 9 主要采用天然气供应装置，也可采用其他燃料，天然气供应装置采用 CNG 高压瓶组存储天然气，采用 CNG 减压站来稳定天然气的压力，以保证燃烧机稳定运行；燃料供应装置分别与干燥机组 1 和碳化装置 2 相连；干燥机组 1 上设有第一进料口 11、第一出料口 12、第一进气口 13 和第一出气口 14；碳化装置 2 上设有第二进料口 21、第二出料口 22、第二进气口 23 和第二出气口 24；热交换回收装置 4 上设有第三进气口 4231、第三出气口 4221 和第一出水口；尾气处理装置上设有第四进气口 61、第四出气口 62、第一进水口 63、第二出水口 64；本实施例的输料装置 5 为单轴返混搅拌机或角斗式提升机，单轴返混搅拌机上设有污泥输送泵。

[0046] 本实施例干燥机组的第一进料口 11 通过输料管道与输料装置 5 相连，第一出料口 12 通过输料管道分别与第二进料口 21 和输料装置 5 相连，第一进气口 13 通过第一输气管道 81 与第三出气口 4221 相连，第一出气口 14 通过第二输气管道 82 与第三进气口 4231 相连；第二出料口 22 通过输料管道与循环水装置 3 相连，第二进气口 23 通过第二输气管道 82 与第一出气口 14 相连，第二出气口 24 通过第一输气管道 81 与第四进气口 61 相连；循环水装置 3 分别与第一进水口 311、第二出水口 312 和第一出水口 41 相连；第二输气管道 82 上设有高压风机 821。本实施例中，输料装置将待处理污泥从干燥机组的第一进料口送入干燥机组中进行干燥，干燥机组内的干燥温度为 80℃ -100℃，干燥机组内为负压，待处理污泥在干燥窑炉内干燥至含水量 10% -30%，形成一级干污泥且产生高温水蒸气，将一级干污泥分成待碳化污泥和循环污泥，将占总重量 20% -40% 的待碳化污泥从第一出料口经输料管道传送至第二进料口，待碳化污泥进入碳化装置进行碳化，碳化温度为 500℃ -700℃；循环污泥经第一出料口进入输料装置，与输料装置内的待处理污泥混合，形成含水量 40% -50% 的二级干污泥，二级干污泥为后续的待处理污泥；高温水蒸汽从干燥机组的第一出气口排出，高温水蒸汽的一小部分经第二输气管道经第二进气口进入碳化装置内，为碳化过程提供能量；高温水蒸汽的大部分经过第二输气管道经第三进气口进入热交换回收装置内，高温水蒸汽在热交换回收装置内进行热交换冷凝回收，产生干冷空气和冷凝水，干冷空气经热交换冷凝除湿处理过程回收的热量加热后经第三出气口排出，第三出气口经第一输气管道与干燥机组的第一进气口相连，经加热的干冷空气经第一进气口进入干燥机组为待处理污泥的干燥过程提供热量。热交换回收装置产生的冷凝水从第一出水口经输水管道进入循环水装置。待处理污泥在碳化装置中碳化获得的碳从第二出料口排出后，经过输料管道进入循环水装置；由于冷凝水有颜色且有气味，冷凝水经碳吸附过滤后形成过滤水，过滤水从第一进水口进入尾气处理装置用于尾气洗净过程。碳化装置内碳化过程产生的烟气温度很高，先从第二出气口排出，经干燥装置的外壁降温后，从第四进气口进入尾气处理装置进行尾气洗净处理，洗净的尾气从第四出气口排放到外界，洗完尾气的废水再从第二出水口排放到循环水装置内，废水经碳吸附过滤后循环利用。

[0047] 如图 2 所示，本实施例的干燥机组包括至少 2 个干燥窑炉 15（本实施例以 3 个为例），各干燥窑炉 15 串联后与碳化装置 2 相连，各干燥窑炉 15 从上至下平行设置，碳化装置 2 设置在干燥窑炉 15 的下方；干燥窑炉 15 和碳化窑炉 2 内均设有螺杆推进器 151。本实施例通过将干燥窑炉设置在碳化装置的上方，污泥依靠自身重力从上至下运行，不需要借助

外界动力；通过将干燥窑炉与热交换回收装置相连，将干燥窑炉的高温水蒸气由高压风机抽送，高温水蒸气的热量经超导热管热回收系统回收后再送至干燥窑炉，冷凝水进一步回收利用；且将碳化窑炉与干燥窑炉相连，使干燥窑炉内的一部分湿热空气导入碳化装置中，为碳化助燃；整个干燥碳化过程不需要借助外界空气助燃，内部产生 -50Pa 的压强，避免了污泥干燥碳化过程产生的臭气外泄；本实施例的装置在初始运行只需要燃料供应装置提供少许燃料启动设备即可，后续可依靠干燥碳化过程的热能回收维持整个设备的运行，十分节能高效。

[0048] 如图 2 所示，本实施例干燥机组的每个干燥窑炉 15 的外壁上包裹有密封壁 16，密封壁 16 与干燥机组 1 外壁之间形成流通腔 17，流通腔 17 上端与尾气处理装置的第四进气口 61 相连，流通腔 17 下端与碳化装置 2 连通。如图 2 所示，本实施例的碳化装置 2 包括燃烧机 25 和焦油汽化器 26，燃烧机 25 通过第一输气管道 81 与焦油汽化器 26 相连；焦油汽化器 26 通过第一输气管道 81 与流通腔 17 连通，焦油汽化器 26 与流通腔 17 之间的第一输气管道内设有 200 目的过滤网，将燃烧尾气内的灰尘过滤掉。碳化装置 2 内设有螺杆推进器，可通过旋转将物料推进到下一流程，简单节能；本实施例通过在干燥机组的外壁设置密封壁，在密封壁和干燥机组外壁之间形成流通腔，流通腔分别与碳化装置、尾气处理装置相连，使经过焦油汽化处理的高温碳化烟气经过流通腔，通过将热量传递给干燥窑炉进行降温，以便于尾气处理；该设置能够充分利用热能的同时，也对尾气进行了降温处理。

[0049] 如图 2 所示，本实施例的干燥窑炉从上之下依次包括外热式干燥窑炉 A、外热式干燥窑炉 B 和外热式干燥窑炉 C，待处理污泥在高负压作用下经旋风分离器卸载，进入外热式干燥窑炉 A 的入料口；外热式干燥窑炉 A 利用碳化窑炉排放烟气的余热加温于外壁，利用内部抄料板和外螺旋装置，随自转缓慢将二级干污泥加温至 55℃ -80℃ 并输送至外热式干燥窑炉 B 的入料口，进入下一道干燥程序，全程约 35mi n；外热式干燥窑炉 B 利用碳化窑炉排放烟气的余热加温于外壁，利用内部抄料半和外螺旋装置，随自转缓慢将二级干污泥加温至 80℃ -120℃ 并输送至外热式干燥窑炉 C 的入料口，进入下一道干燥程序，全程约 35mi n；外热式干燥窑炉 C 利用碳化窑炉排放烟气的余热加温于外壁，利用内部抄料半和外螺旋装置，随自转缓慢将二级干污泥加温至 120℃ -150℃ 并输送至碳化装置的入料口，进入热解碳化程序（高温干馏），全程 35mi n。

[0050] 如图 2 所示，本实施例的碳化装置采用外热式热解碳化炉窑，利用燃料输送装置的天然气燃烧嘴产热加温于外壁，利用内部抄料板和外螺旋装置，随自转缓慢将一级干污泥加温至 550℃ -700℃，对一级干污泥进行热解碳化（高温干馏），碳化炉窑的出入料口和出入气口均采用专用装置避风，避免空气进入；一级干污泥在低氧负压状态下，经高温干馏产生烷类及其他不凝气体，经专用输送管道输送至燃烧机燃烧嘴中参与燃烧，产生的热能可供给自身外壁或干燥窑炉外壁的持续加热，碳化过程进行 25mi n-35mi n 后，一级干污泥中的有机质充分裂解为可燃气体后，将充分碳化的污泥排出；碳化窑炉的燃烧尾气要经内部设置的 200 目过滤网过滤后排出。如图 2 所示，本实施例的第二出料口 22 与循环水装置 3 之间设有出碳冷却罐 7，出碳冷却罐 7 上设有第六进气口 71 和第六出气口 72，第六进气口 71 和第六出气口 72 分别通过第二输气管道 82 与输料装置 5 相连。由于经过充分碳化的污泥在出口处温度最高可达 700℃ 以上，为了避免随出碳排出二氧化碳等气体，本实施例通过设置出碳冷却罐，利用出碳冷却罐的钢外壁间接散热，出碳冷却罐内部的螺旋输送机

构经过三次折返将碳输送至出口，同时，利用高压风机将热能输送至输料装置底部，为待处理污泥加热，并将待处理污泥的湿空气泵送至出碳冷却罐中，建立了热量循环，可将出碳的温度降至 50℃以下，使碳粉中的余热充分参与了干燥程序，节约了大量的能源。

[0051] 如图 2 所示，本实施例的循环水装置 3 包括吸附净化装置 31 和循环水箱 32，吸附净化装置 31 包括第二进水口 311、第三出水口 312，第三出水口 312 与第一进水口 63 相连，第一出水口 41、第二出水口 64 通过输水管道与第二进水口 311 相连；吸附净化装置 31 为碳粒吸附过滤池，碳粒吸附过滤池底部连接有链板式变速出渣机 33，利用碳粒吸附过滤池过滤冷凝水以及尾气处理装置内的废水，为冷凝水脱色除味除杂，随着吸附过程的运行，可经链板式变速出渣机 33 输出，经吸附除杂后的过滤水输出至循环水箱 32 中备用。尾气处理装置 6 为脱硫塔，脱硫塔上端连接有排气烟囱，循环水箱与尾气处理装置之间设有离心水泵，通过离心水泵抽取循环水箱中的过滤水用于脱硫塔中尾气脱硫喷淋使用。通过设置吸附净化装置，将冷却后的碳用于冷凝水的吸附净化，吸附净化后的过滤水通过循环水箱在尾气净化装置之间建立循环，吸附净化装置将热交换回收产生的冷凝水和碳化过程产生的碳充分循环利用，不需要消耗额外的蒸馏水或吸附剂，达到高效节能环保的目的。

[0052] 进一步优选的，如图 2 所示，本实施例的热交换回收装置 4 包括超导热管热回收器 42 和螺杆式压缩机 43，超导热管热回收器 42 包括“Z”形导热板 421，“Z”形导热板 421 上端连接有储热器 422，下端连接有换热器 423，螺杆式压缩机 43 设置在“Z”形导热板 421 的左侧空隙处，换热器 423 与螺杆式压缩机 43 相连；换热器 423 包括第三进气口 4231 和内置出气口 4232，储热器 422 包括第三出气口 4221 和内置进气口 4222，螺杆式压缩机 43 包括第五进气口 431、第五出气口 432 和第一出水口 41，第五进气口 431 与内置出气口 4232 相连，第五出气口 432 与内置进气口 4222 相连；换热器 423 采用超导相变材料热管回收干燥机组第一出气口 14 排出的水蒸气的热量；螺杆式压缩机 43 采用 R401A 制冷剂将经过热量回收的水蒸气进行冷凝，冷凝水经过第一出水口 41 进入循环水装置 3，冷凝除湿后的空气经过内置出气口进入储热器加热升温后进入干燥机组循环利用。通过“Z”形导热板将储热器和换热器连接起来，且螺杆式压缩机设置在“Z”形导热板的左侧空隙处，结构设计合理，充分利用空间；将高温水蒸气经过除热、除湿后，再加热后用于干燥机组中，将热能充分利用；R401A 制冷效果显著。

[0053] 本发明的连续式污泥分解方法充分利用污泥干燥和碳化过程中产生的热量和产物，并将热量回收循环利用到污泥的干燥和碳化过程，建立了自给自足的热能供应系统，不需要消耗额外的能源；本发明干燥窑炉内的空气密闭运行，干燥窑炉排出的湿热空气一部分经超导热管回收热量，通过制冷压缩机完全凝出水分，再经过压缩机特征散热器进一步提升温度，供给干燥用，湿热空气的另一部分供给燃烧系统配风使用，经高温燃烧除臭，作为尾气排放，无臭味外泄。本发明还充分利用了碳的吸附净化功能和水的清洗功能，在冷凝水、碳和分解尾气之间建立了有效的物质循环，充分利用污泥碳化产物的同时，对排放尾气进行了净化处理，十分节能环保；最终排出的碳无有毒有害成分，性状稳定，富含矿物元素钾、磷等，可代替草木灰，作为优质的土壤改良物质，保水保墒、固氮固碳，能够促进微生物繁殖，缓解化肥过量施入造成的毒理作用。本发明产出的碳保留了大部分碳成分，避免了直接焚烧生成的二氧化碳气体，大幅减少了温室气体排放。

[0054] 以上所述仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，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。

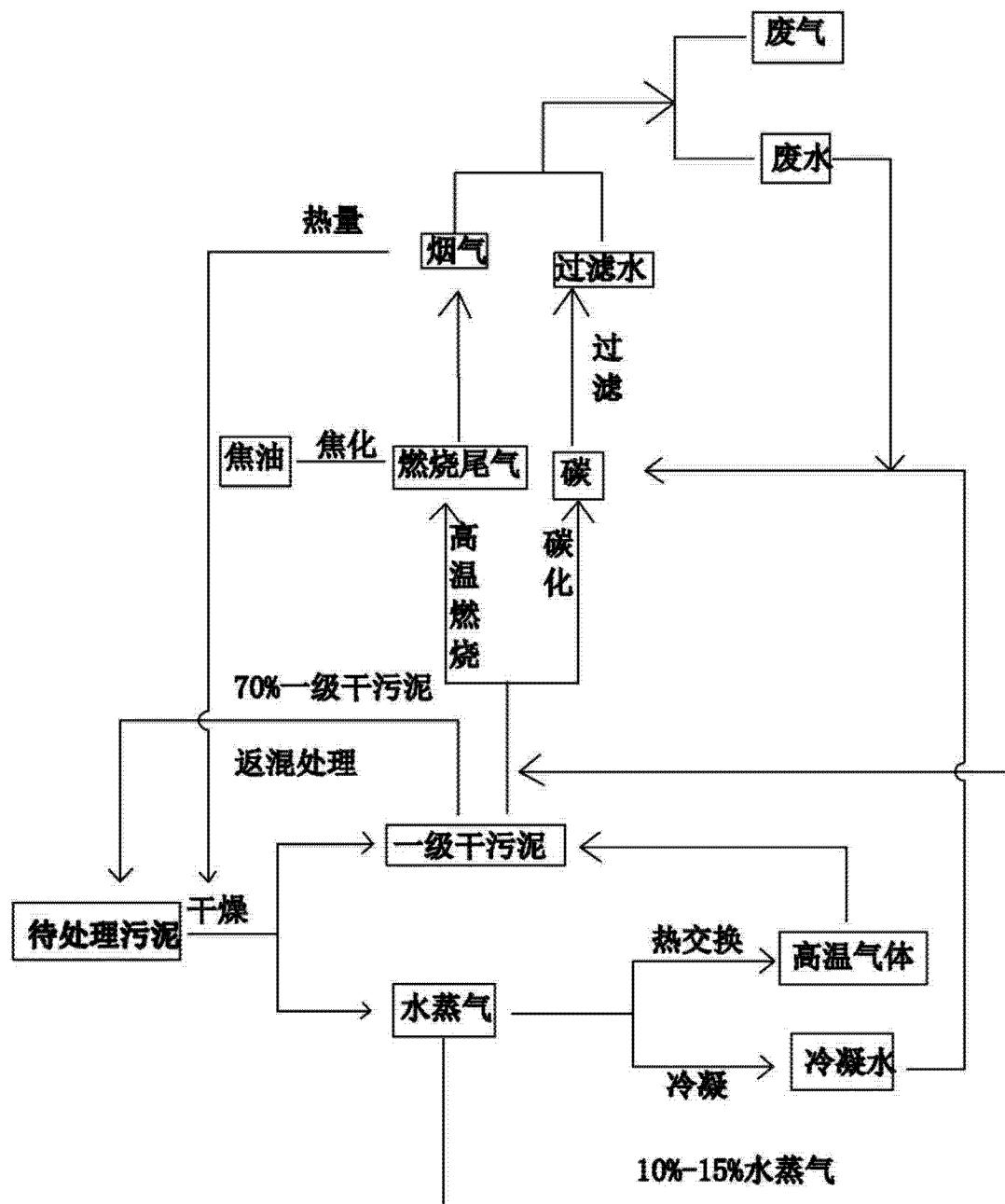


图 1

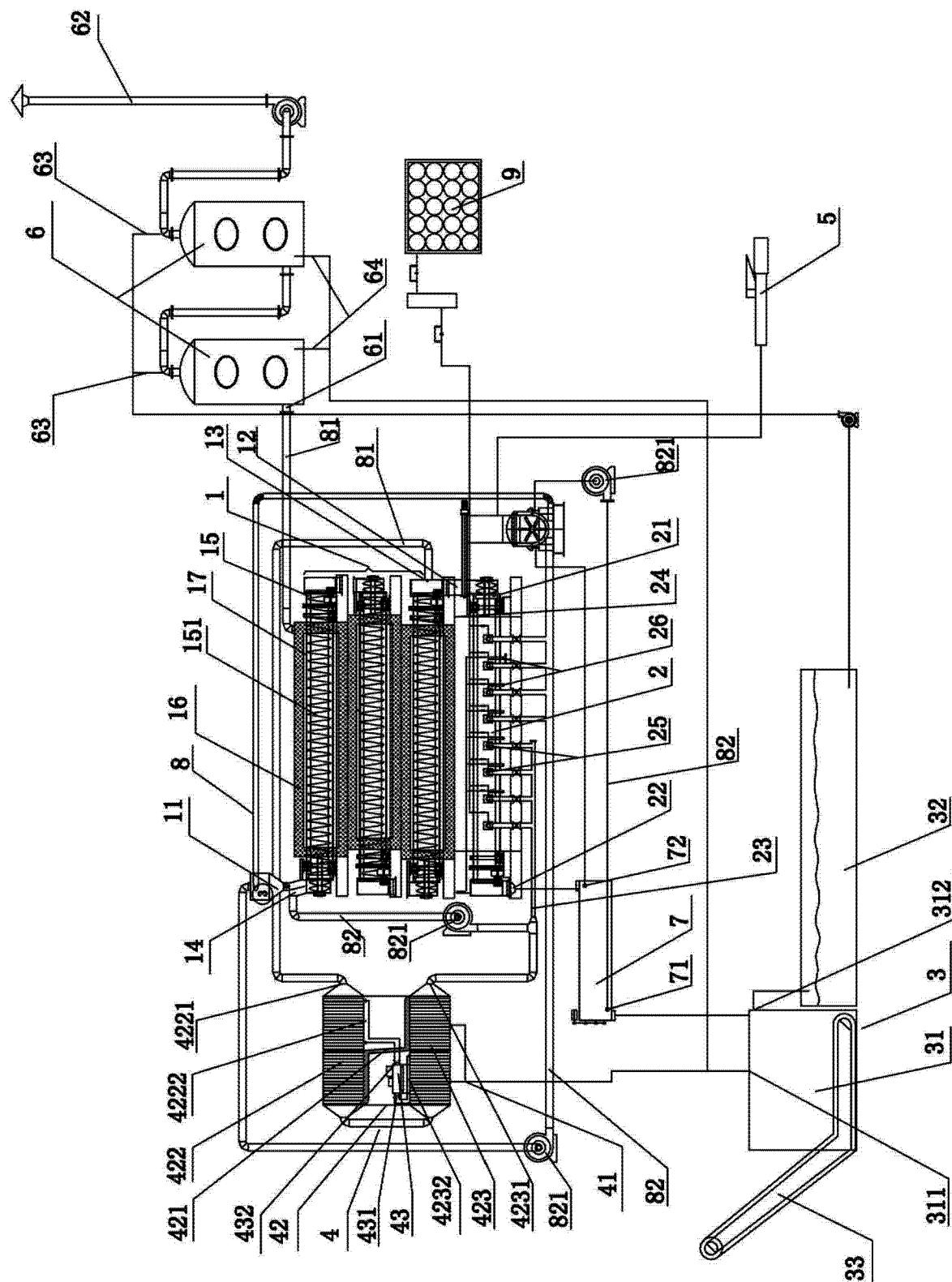


图 2