



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108613192 A

(43)申请公布日 2018. 10. 02

(21)申请号 201810567775.5

F23G 5/50(2006.01)

(22)申请日 2018.06.05

F23J 15/02(2006.01)

(71)申请人 常州信息职业技术学院

地址 213164 江苏省常州市大学城内鸣新  
中路2号

(72)发明人 黄宇航 程立新

(74)专利代理机构 常州易瑞智新专利代理事务  
所(普通合伙) 32338

代理人 徐琳淞

(51)Int.Cl.

F23G 5/02(2006.01)

F23G 5/027(2006.01)

F23G 5/04(2006.01)

F23G 5/12(2006.01)

F23G 5/16(2006.01)

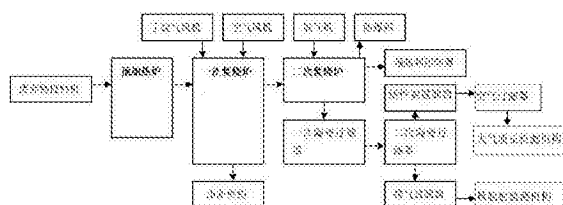
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

## (54)发明名称

一种辐射性废弃物焚烧系统

## (57)摘要

本发明公开了一种辐射性废弃物焚烧系统,包括预加热炉,用于对废弃物加热和成型,内置压缩废弃物、并使废弃物形成带至少一个燃烧通道孔的块状体结构的废弃物成型机构;一次焚烧炉,连通丁烷气风机和空气风机,焚烧块状体结构的废弃物,产生的气体送入二次焚烧炉;二次焚烧炉,连通氧气机,继续焚烧剩余废弃物,产生的气体依次经过一次陶瓷过滤器和二次陶瓷过滤器;投料及传送机构,将废弃物投入预加热炉,将块状体结构的废弃物投入一次焚烧炉,将一次焚烧炉焚烧后的剩余废弃物投入二次焚烧炉。本发明采用了预加热成形焚烧技术来对辐照废弃物进行焚烧处理,克服了空气燃烧法中尘灰的排气量难以控制和焚烧法中焚烧装置结构复杂及炉膛损耗大的缺陷。



1. 一种辐射性废弃物焚烧系统,其特征在于:包括  
预加热炉,用于对废弃物加热和成型,内置压缩废弃物、并使废弃物形成带至少一个燃烧通道孔的块状体结构的废弃物成型机构;  
一次焚烧炉,连通丁烷气风机和空气风机,焚烧块状体结构的废弃物,产生的气体送入二次焚烧炉;  
二次焚烧炉,连通氧气机,继续焚烧剩余废弃物,产生的气体依次经过一次陶瓷过滤器和二次陶瓷过滤器;  
投料及传送机构,将废弃物投入预加热炉,将块状体结构的废弃物投入一次焚烧炉,将一次焚烧炉焚烧后的剩余废弃物投入二次焚烧炉。
2. 根据权利要求1所述的一种辐射性废弃物焚烧系统,其特征在于:所述废弃物成型机构包括:  
上模具,包括活塞杆和上压头,上压头设置在活塞杆端部,由活塞杆带动向下模具移动;上压头上纵向设置至少一道上通道孔;  
下模具,包括下顶杆和模腔,模腔用于容置废弃物,下顶杆在模腔内向上移动,顶出模腔内废弃物;模腔上与上压头的上通道孔对应设置至少一根下隔杆,下隔杆的直径与上通道孔的直径相匹配,使下隔杆能进入上通道孔。
3. 根据权利要求2所述的一种辐射性废弃物焚烧系统,其特征在于:所述下隔杆顶部设置上小下大的定位导向头。
4. 根据权利要求3所述的一种辐射性废弃物焚烧系统,其特征在于:所述活塞杆和下顶杆均由废弃物成型机构的电机驱动。
5. 根据权利要求1至4之一所述的一种辐射性废弃物焚烧系统,其特征在于:还包括设置于预加热炉前道的废弃物投料桶。
6. 根据权利要求5所述的一种辐射性废弃物焚烧系统,其特征在于:所述预加热炉中,在与下模具的模腔顶部齐平处水平设置第一红外光电传感器;所述废弃物投料桶上部水平设置第二红外光电传感器。
7. 根据权利要求6所述的一种辐射性废弃物焚烧系统,其特征在于:所述预加热炉、一次焚烧炉和二次焚烧炉中分别设置第一温度传感器、第二温度传感器和第三温度传感器。
8. 根据权利要求7所述的一种辐射性废弃物焚烧系统,其特征在于:所述一次焚烧炉中设置气体流量传感器;所述二次焚烧炉中设置压力传感器。
9. 根据权利要求8所述的一种辐射性废弃物焚烧系统,其特征在于:所述二次焚烧炉内还设置有防爆阀。
10. 根据权利要求9所述的一种辐射性废弃物焚烧系统,其特征在于:所述二次陶瓷过滤器过滤后的气体分两路,一路排气通道上设置大气质量检测传感器,一路排气通道上设置核辐射监测传感器。

## 一种放射性废弃物焚烧系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种焚烧系统,尤其涉及一种辐照性废弃物焚烧系统。

### 背景技术

[0002] 随着国家对电力能源的多元化需求,核电得到了快速的发展。预计到2020年我国核电机组装机容量将达到4万MW总装机容量,但随之带来了大量的受到辐射的废弃物。这些废弃物包括中低放固体废弃物(辐照后的动植物尸体、工作防护装备)和高放废弃物(乏燃料和包装材料)。目前我国国内的处置方法是暂时存放和深层掩埋处理。在国际上较为流行的处理方法是放射性废物焚烧处理,它可以大大地提高储存、运输和最终处置的安全性。

[0003] 目前对辐照废弃物的焚烧方式有以下方式:

[0004] 空气燃烧法,分成充分空气燃烧法和可控空气量燃烧法两种,这种方法操作简便,燃烧完全,使用广泛,但尘灰的排气量难以控制且有未燃烧成分出现,对空气质量影响较大。

[0005] 焚烧法,分成热解焚烧法和焚烧融化法两种,这种方法是为了处理一些难烧的辐照废弃物,它是先将其热解为可燃气体,然后再对可燃气体进行高温燃烧处理,是在缺氧或惰性气体的情况下气化,通过二次燃烧后焚化处理,这种方法反映时间长,燃烧相对充分。但焚烧装置炉压高,炉膛损耗大,结构及制造成本高昂。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是解决现有技术存在的问题,提供一种设计科学合理的放射性废弃物焚烧系统。

[0007] 实现本发明目的的技术方案是一种放射性废弃物焚烧系统,包括:预加热炉,用于对废弃物加热和成型,内置压缩废弃物、并使废弃物形成带至少一个燃烧通道孔的块状体结构的废弃物成型机构;

[0008] 一次焚烧炉,连通丁烷气风机和空气风机,焚烧块状体结构的废弃物,产生的气体送入二次焚烧炉;

[0009] 二次焚烧炉,连通氧气机,继续焚烧剩余废弃物,产生的气体依次经过一次陶瓷过滤器和二次陶瓷过滤器;

[0010] 投料及传送机构,将废弃物投入预加热炉,将块状体结构的废弃物投入一次焚烧炉,将一次焚烧炉焚烧后的剩余废弃物投入二次焚烧炉。

[0011] 所述废弃物成型机构包括:

[0012] 上模具,包括活塞杆和上压头,上压头设置在活塞杆端部,由活塞杆带动向下模具移动;上压头上纵向设置至少一道上通道孔;

[0013] 下模具,包括下顶杆和模腔,模腔用于容置废弃物,下顶杆在模腔内向上移动,顶出模腔内废弃物;模腔上与上压头的上通道孔对应设置至少一根下隔杆,下隔杆的直径与上通道孔的直径相匹配,使下隔杆能进入上通道孔。

- [0014] 所述下隔杆顶部设置上小下大的定位导向头。
- [0015] 所述活塞杆和下顶杆均由废弃物成型机构的电机驱动。
- [0016] 一种辐射性废弃物焚烧系统还包括设置于预加热炉前道的废弃物投料桶。
- [0017] 所述预加热炉中,在与下模具的模腔顶部齐平处水平设置第一红外光电传感器;所述废弃物投料桶上部水平设置第二红外光电传感器。
- [0018] 所述预加热炉、一次焚烧炉和二次焚烧炉中分别设置第一温度传感器、第二温度传感器和第三温度传感器。
- [0019] 所述一次焚烧炉中设置气体流量传感器;所述二次焚烧炉中设置压力传感器。
- [0020] 所述二次焚烧炉内还设置有防爆阀。
- [0021] 所述二次陶瓷过滤器过滤后的气体分两路,一路排气通道上设置大气质量检测传感器,一路排气通道上设置核辐射监测传感器。
- [0022] 本发明的原理是:采用预热处理,外加热解气化后燃烧来实现对辐射性废弃物的焚烧。由于废弃物可能是常温体,也可能是冰冻体,因此对其先进行去湿、烘干和成形处理,形成稳定的、有燃烧通道的块状体结构将更有利于后续焚烧。在一次焚烧过程中对炉中送入空气和丁烷气体,并控制好燃烧空气量和丁烷气体的流量值,完成一次热解气化过程以达到最佳的燃烧值,所产生的大量烟气中含有CO、CH<sub>4</sub>等可燃成分,再进入二次焚烧过程中与送入的氧气进行混合,即环绕气体混燃,烟气得以完全充分燃烧,可以大大降低运行成本。
- [0023] 采用了上述技术方案后,本发明具有以下积极的效果:(1)本发明采用了预加热成形焚烧技术来对辐照废弃物进行焚烧处理,克服了空气燃烧法中尘灰的排气量难以控制和焚烧法中焚烧装置结构复杂及炉膛损耗大的缺陷。
- [0024] (2)本发明在预加热炉中设置废弃物成型机构对辐射性废弃物进行去湿、烘干和成形处理,使废弃物形成稳定的带燃烧孔的块状体结构。有燃烧通道孔要比没有燃烧通道的焚烧完全,焚烧处理量可达到15-20KG/H,焚烧后废物的减容和减重效果明显,其减容系数提高150%,减重系数可达120%,燃烧完全,焚烧灰残炭率可达1.5%。
- [0025] (3)本发明通过合理设置温度传感器、红外光电传感器、气体流量传感器和压力传感器等,能够根据控制设计需求采集各路信号,用于准确科学地进行控制。
- [0026] (4)本发明的排气采用了两次陶瓷过滤装置,其总去污系数可以达到10<sup>7</sup>以上。通过实测数据的比较,本发明的主要气体排放值均比GB18484-2001中规定的值要低很多,焚烧完全、去污效果好。

## 附图说明

- [0027] 为了使本发明的内容更容易被清楚地理解,下面根据具体实施例并结合附图,对本发明作进一步详细的说明,其中
- [0028] 图1为本发明的结构图。
- [0029] 图2为本发明的控制图。
- [0030] 图3为本发明的废弃物成型机构投料示意图。
- [0031] 图4为本发明的废弃物成型机构压实示意图。
- [0032] 图5为本发明的废弃物成型机构顶出示意图。

[0033] 附图中标号为:

[0034] 预加热炉1、下模具2、模腔2-1、下顶杆2-2、下隔杆2-3、定位导向头2-4、上模具3、活塞杆3-1、上压头3-2、上通道孔3-3。

## 具体实施方式

[0035] (实施例1)

[0036] 见图1,本实施例的一种辐射性废弃物焚烧系统,包括处理过程依次设置的废弃物投料桶、预加热炉、一次焚烧炉、二次焚烧炉、一次陶瓷过滤器和二次陶瓷过滤器,通过投料及传送机构将废弃物投入预加热炉,将块状体结构的废弃物投入一次焚烧炉,将一次焚烧炉焚烧后的剩余废弃物投入二次焚烧炉,实现自动化,且避免人员辐射。

[0037] 废弃物投料桶用于暂时存储废弃物,废弃物投料桶上部水平设置第二红外光电传感器,废弃物投放量的多少由第二红外光电传感器来进行检测,当废弃物投放量超过第二红外光电传感器发出的这条水平线时,第二红外光电传感器感光通道被遮蔽,无法感知光线并输出低电平信号,这时控制投料装置停止向废弃物投料桶投料。当第二红外光电传感器感知有光状态,则输出为高电平,这时控制投料装置进行投料。

[0038] 预加热炉,用于对废弃物加热和成型,内置压缩废弃物、并使废弃物形成带至少一个燃烧通道孔的块状体结构的废弃物成型机构。废弃物在预加热炉内先进行预热处理,来完成对废弃物的去湿和烘干处理。设置第一温度传感器来测试其温度值,设定当温度 $\leq 80^{\circ}\text{C}$ 时,输出开关信号控制加热器继续加热,当 $> 80^{\circ}\text{C}$ 时,控制加热器停止加热。确保使炉内温度恒定在 $80^{\circ}\text{C}$ ,并可以自动调整设定。见图3-图5,废弃物成型机构包括上下模具。上模具3包括活塞杆3-1和上压头3-2,上压头3-2设置在活塞杆3-1端部,由活塞杆3-1带动向下模具2移动;上压头3-2上纵向设置至少一道上通道孔3-3(图中示意出3道);下模具2,包括下顶杆2-1和模腔2-2,模腔2-2用于容置废弃物,下顶杆2-1在模腔2-2内向上移动,由此顶出模腔2-2内的废弃物;模腔2-2上与上压头3-2的上通道孔3-3对应设置至少一根下隔杆2-3,下隔杆2-3的直径与上通道孔3-3的直径相匹配,使下隔杆2-3能进入上通道孔3-3。下隔杆2-3顶部设置上小下大的定位导向头3-4。活塞杆3-1和下顶杆2-2均由废弃物成型机构的电机驱动。通过废弃物成型机构压缩处理废弃物形成带燃烧通道孔的块状体结构。预加热炉1中,在与下模具2的模腔2-2顶部齐平处水平设置第一红外光电传感器,当废弃物充满模腔2-2中,第一红外光电传感器感光通道被遮蔽,无法感知光线并输出低电平信号,这时控制废弃物成型机构开始工作,输出PWM信号控制压缩电机工作,通过上下模具联动来实现装料、压实和顶出三个动作,最终形成稳定的块状体结构。当废弃物被压缩使红外光电传感器感知有光状态,则输出为高电平,这时控制停止压缩操作,通过下顶杆顶出被压实的块状体结构。

[0039] 一次焚烧炉,连通丁烷气风机和空气风机,焚烧块状体结构的废弃物,产生的气体送入二次焚烧炉中。在欠氧条件下,焚烧产生大量 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ 等可燃成分,能将不完全焚烧过程转变为气体完全燃烧过程,对块状体废弃物进行热解和气化处理效果更好,因此需要控制好送入一次焚烧炉的燃气量。因此采用气体流量传感器对送入气体的流量进行检测。气体流量传感器通过485总线输出数字信号给控制器模块。当气量不够时( $\leq 20\text{M}^3/\text{h}$ ),就通过数字信号控制丁烷气风机和空气风机的阀门打开加大送气,当流量达标时( $> 20\text{M}^3/\text{h}$ ),就控制

阀门保持正常送气状态。在欠氧条件下对块状体废弃物进行热解和气化处理,还需要实时对一次焚烧炉的温度进行检测和控制。采用第二温度传感器来测试温度值,设定当温度 $\leq 800^{\circ}\text{C}$ 时,输出开关信号控制加热器继续加热,当 $>800^{\circ}\text{C}$ 时,控制加热器停止加热,从而使炉内温度恒定在 $800^{\circ}\text{C}$ ,并可以自动调整设定。为避免一次焚烧炉中灰尘过多,每经过一定时间,比如一个月就执行一次抽灰操作,由控制器模块输出一个开关量信号,控制出灰机构执行抽灰操作。

[0040] 二次焚烧炉,连通氧气机,继续焚烧剩余废弃物,产生的气体依次经过一次陶瓷过滤器和二次陶瓷过滤器。采用二次燃烧法进行焚烧处理,采用第三温度传感器和压力传感器实时检测二次焚烧炉内温度和压力。设定当温度 $\leq 1150^{\circ}\text{C}$ 时,输出开关信号控制加热器继续加热,当 $>600^{\circ}\text{C}$ 时,控制加热器停止加热,使炉内温度恒定在 $1150^{\circ}\text{C}$ ,并可以自动调整设定。压力传感器用于判断装置在高温中的密封情况,当压力 $\leq -10\text{pa}$ 时,就说明装置密封良好,当压力 $>-10\text{pa}$ 时,就说明装置压力太大,则输出开关信号控制报警器报警,同时控制打开防爆阀门做放气操作。

[0041] 二次焚烧炉送出的超高温气体,可以经过余热利用装置处理再利用,或者经过二次陶瓷过滤器过滤。经过滤的气体分为两路,一路再经过活性炭过滤器和一次空气过滤器过滤后排入大气中,设置大气质量检测传感器。另一路气体经过排气过滤器后,由核辐射监测传感器进行检测。采集的大气质量和核辐射监测数据,通过与上位机进行通信,实时采集或上传变化数据,显示大气质量和核辐射的变化趋势。

[0042] 最后将燃烧后产生的灰烬由装置自动收集,装袋、并转移填埋处理。

[0043] 本实施例的控制电路框图见图2,包括控制器模块、采集板模块、4路光电耦合器隔离输入模块、12路485通信收发驱动模块、与上位机通信接口模块、4路手动选择功能端口、输出端口模块以及隔离电源模块。

[0044] 控制器模块以ATMEGA128为核心,它负责整个焚烧系统的智能化控制,包括采集各种传感器送来的模拟和数字信号,接口模式可以是光电隔离输入模式或485通信接口模式或模拟量输入模式;通过输出端口模块中的驱动电路控制废弃物投料桶投料、预加热炉的预成型机构的压缩机、一次焚烧炉的出灰机构以及二次焚烧炉的报警机构工作。通过通信接口模块与上位机进行通信,利用上位机对本装置进行操控且实时显示工作状态。采集板模块包括采集板插座、TLC3548模数转换器和8路运放电路,TLC3548模数转换器是一个14位高性能、低功率的cmos模数转换器,它可以同时采集8路模拟信号(由8路运放电路放大后输入),处理后得到的数字信号送控制器模块,在本实施例中采集三个温度传感器的信号(还可以根据需要扩充)。4路光电耦合器隔离输入模块通过光电耦合器起到隔离作用,将各种较高电压输入信号与控制器模块进行有效隔离,在本实施例子中采集两个红外光电传感器的信号(还可以根据需要扩充)。12路485通信收发驱动模块采用两个SN65LBC184D芯片,外接端口总线上可以并接各种带485通信口的传感器,在本实施例中连接气体流量传感器、压力传感器、大气质量检测传感器和核辐射监测传感器(还可以根据需要扩充),采集由它们送来的各种数据信息,这种方式传输效率高、电路结构简单。与上位机通信接口模块以MAX3232E核心,通过它与上位机进行通信,它的一端接计算机,另一端接控制器模块的收发数据端口,实现与上位机进行通信,利用上位机对本装置进行操控且实时显示工作状态。4路手动选择功能端口是接手动按键端口,共有四路,可以选择不同地址ADDR的外接设备。输

出端口模块备有四路输出端口电路,每路包括输出扩展电路和驱动电路。输出扩展电路由ULN2803组成,它一端接控制器模块,另一端接驱动电路来控制各类输出设备,如:各种灯、废弃物投料桶的投料装置、PWM信号控制预加热炉的预成型机构的压缩电机、定时控制一次焚烧炉的出灰机构开关和二次焚烧炉的报警器等设备。同时本系统还配有多路隔离电源,24V\15V\ -15V\+12V\+5V,由LM2596SX稳压器输出12V电压,保证了系统使用的安全性、稳定性和可靠性。

[0045] 根据图2的展现,本实施例的控制系统具有能同时满足多个多种信号输入的优点,温度传感器采用模拟量接口形式,压力传感器、气体流量传感器,大气质量检测传感器、核辐射传感器等采用485通信接口模式,多个较高电压输入信号的红外光电收发传感器采用光电隔离输入模式。它能自动识别及处理各类输入的传感器信号,保证了各类信号互不干扰,且设备工作稳定和可靠。此外,还具有能同时满足备有多路输出端口电路。在控制过程中,由控制器根据需求,采集来自不同路径的各种传感器送来的信号,在控制器中进行逻辑运算(比较运算),根据逻辑运算结果执行相应的操作,通过输出端口模块输出控制信号使执行机构工作,通过通信接口模块与上位机进行通信,实时显示和操控工作状态。

[0046] 本实施例的气体排放测定值与国家标准比较表:

[0047]

| 污染物种类                | GB18484-2001              | 本发明                         | 占规定排放限值的% |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------|
| 总 $\alpha$ -放射性      | 4.0E02Bq/a                | 0.104E02Bq/a                | 2.6       |
| 总 $\beta$ -放射性       | 2.0E02Bq/a                | 0.034E02Bq/a                | 1.7       |
| HCL 氯化氢              | 60.0 mg/m <sup>3</sup>    | 3.6mg/m <sup>3</sup>        | 6.0       |
| CO 一氧化碳              | 80 mg/m <sup>3</sup>      | 12.8mg/m <sup>3</sup>       | 16        |
| HF 氟化氢               | 5.0 mg/m <sup>3</sup>     | 1.65mg/m <sup>3</sup>       | 33        |
| SO <sub>2</sub> 二氧化硫 | 200 mg/m <sup>3</sup>     | 34 mg/m <sup>3</sup>        | 17        |
| 二恶英                  | 0.5 TEQ ng/m <sup>3</sup> | 0.0175TEQ ng/m <sup>3</sup> | 3.5       |
| 灰尘量                  | 65 mg/m <sup>3</sup>      | 17.55mg/m <sup>3</sup>      | 27        |
| NO <sub>2</sub> 氮氧化物 | 220 mg/m <sup>3</sup>     | 37 mg/m <sup>3</sup>        | 16.8      |
| Hg 汞及其化合物            | 0.1 mg/m <sup>3</sup>     | 0.001 mg/m <sup>3</sup>     | 1         |
| Cd 镉及其化合物            | 0.1 mg/m <sup>3</sup>     | 0.001 mg/m <sup>3</sup>     | 1         |
| Pb 铅及其化合物            | 1.0 mg/m <sup>3</sup>     | 0.23 mg/m <sup>3</sup>      | 23        |
| As+Ni 砷、镍及其化合物       | 1.0 mg/m <sup>3</sup>     | 0.24 mg/m <sup>3</sup>      | 24        |
| 铬、锡、锑、铜、锰及其化合物       | 4.0 mg/m <sup>3</sup>     | 1.37 mg/m <sup>3</sup>      | 34.3      |

[0048] 通过实测数据的比较,发现该放射性废弃物焚烧装置气体排放量中,主要气体排

放值均比GB18484-2001中规定的值要低很多。

[0049] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

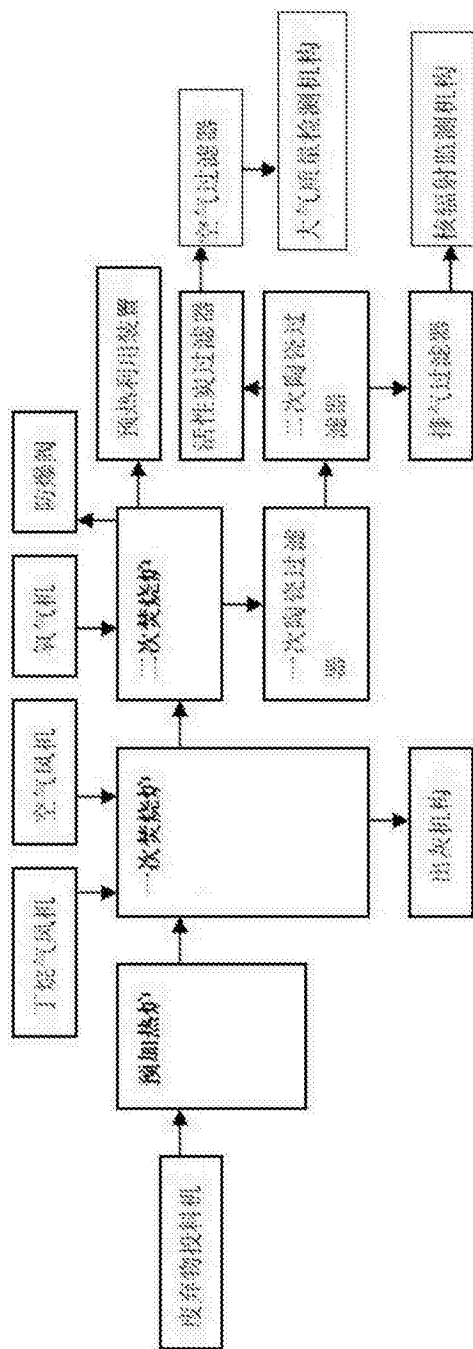


图1

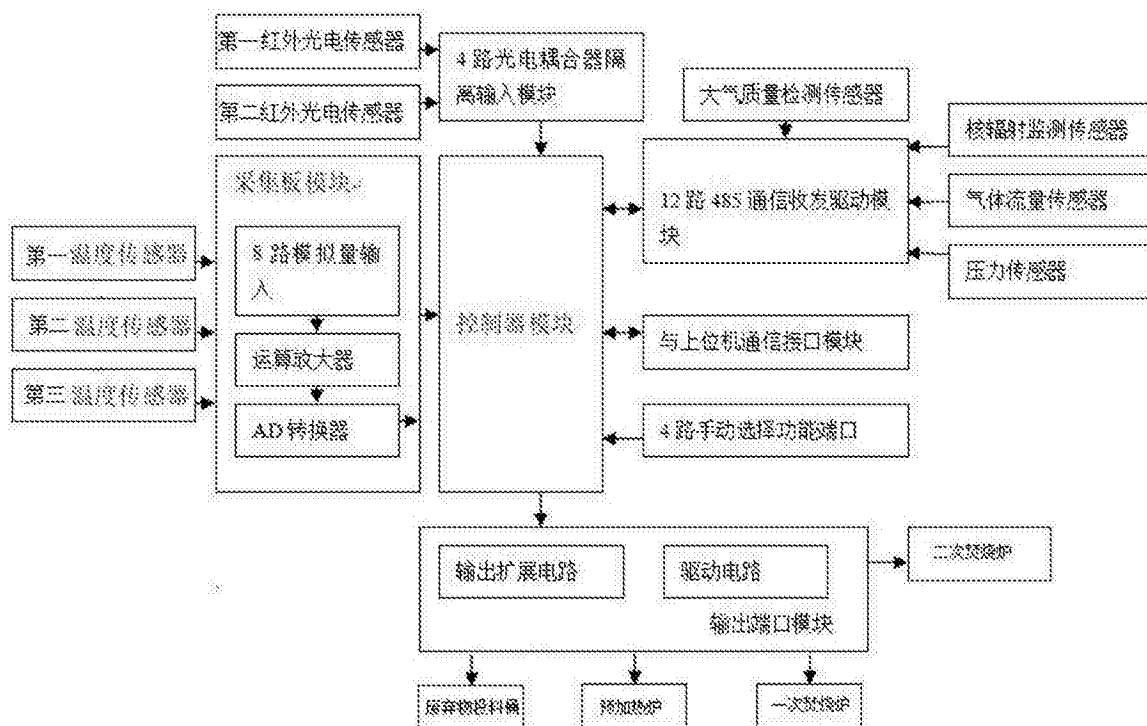


图2

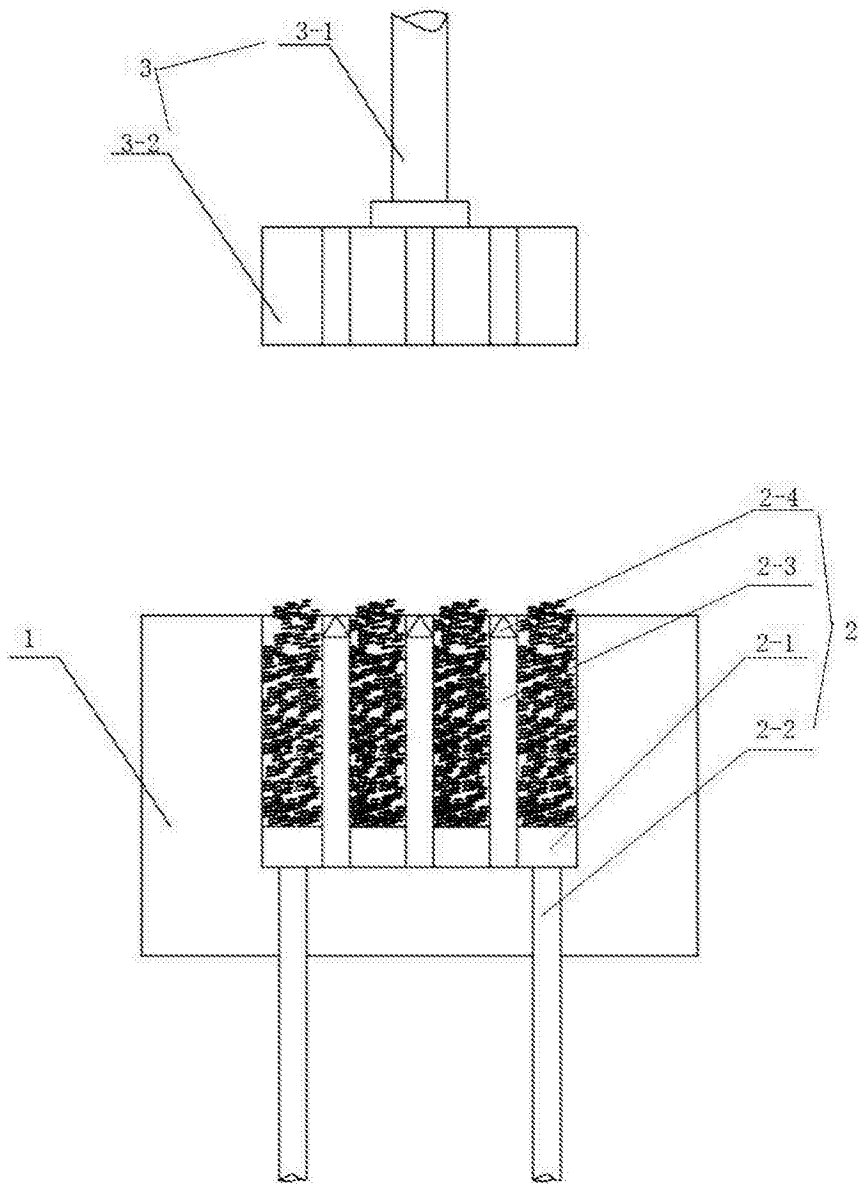


图3

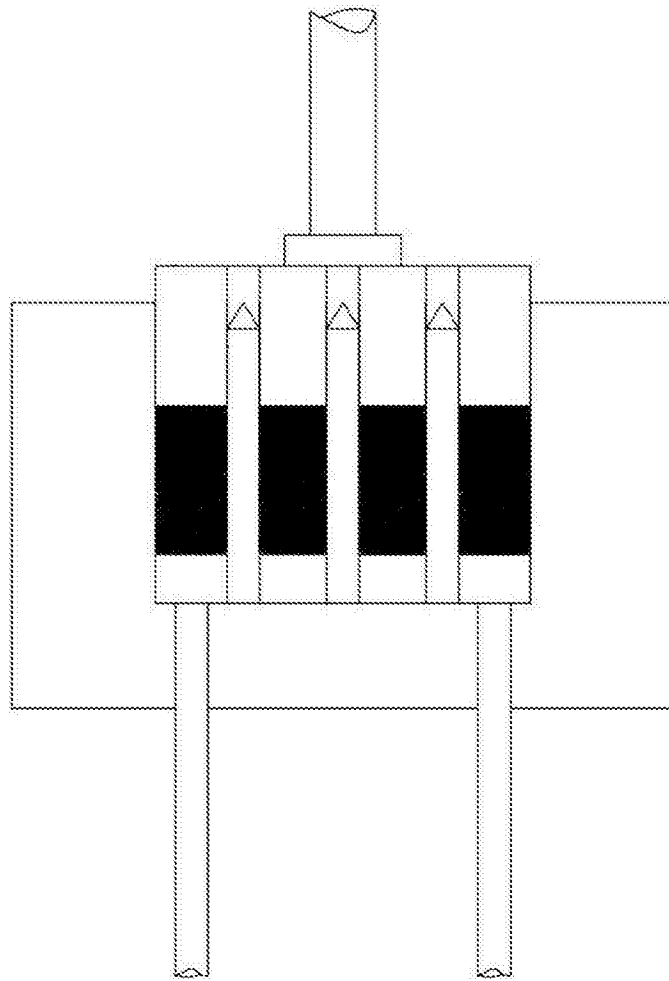


图4

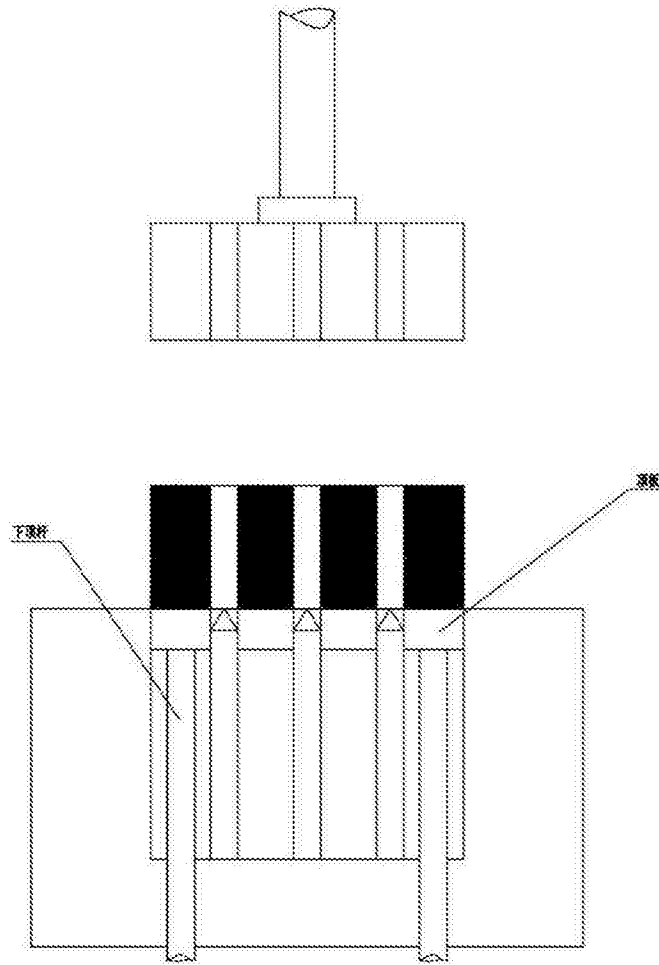


图5