



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108941153 A

(43)申请公布日 2018.12.07

(21)申请号 201810609786.5

(22)申请日 2018.06.13

(71)申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72)发明人 王树众 李建娜 杨健乔 杨闯  
宋文瀚 徐甜甜 张熠姝

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

代理人 徐文权

(51)Int.Cl.

B09B 3/00(2006.01)

B09B 5/00(2006.01)

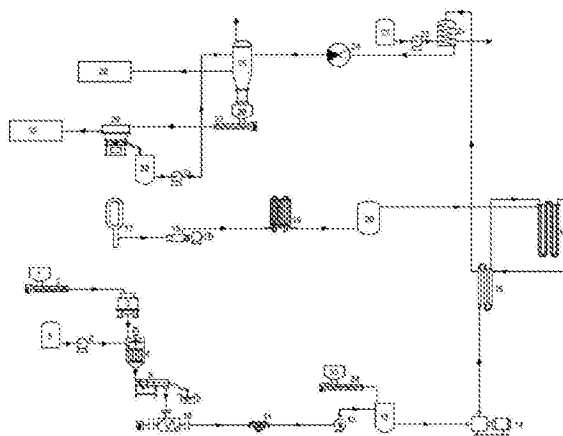
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

## (54)发明名称

基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统

## (57)摘要

本发明公开了一种基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,包括含固体废物预处理模块、含固体废物预热模块、氧化剂供给模块、超临界水氧化模块、后续产物降温降压模块、后续产物在线分离模块。通过螺旋输送机、破碎机、振动筛、除铁器、研磨泵等装置对含固体废物进行多级破碎、筛分、研磨,使其满足超临界水氧化进料要求。同时通过添加石英砂对系统中可能产生的沉积盐进行研磨,避免了换热器、反应器等设备出现盐沉积及堵塞问题。对于反应后的气液固三相产物,采用三相分离器与液固两相分离器相结合的两级分离措施,同时液固分离器分离后的液相进行循环分离,提高了液固分离效率,同时反应后固体残渣可用于制砖、制陶粒及外售等,提升了系统经济性。



1. 基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,其特征在于,包括含固废物预处理模块、含固废物预热模块、氧化剂供给模块、超临界水氧化模块、后续产物降温降压模块和后续产物在线分离模块;含有含固废物的污泥通过含固废物预处理模块进行预处理后进入含固废物预热模块,预热后的污泥进入超临界水氧化模块中与氧化剂供给模块输送来的氧化剂进行混合反应;反应后的产物经后续产物降温降压模块降温后进入后续产物在线分离模块进行三相分离。

2. 根据权利要求1所述的基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,其特征在于,含固废物预处理模块包括含固废物料仓(1)、软化水罐(5)以及石英砂料仓(33);含固废物料仓(1)的出口通过第一螺旋输送机(2)与破碎机(3)相连;软化水罐(5)通过软化水泵(6)与含固废物调配罐(4)相连;含固废物调配罐(4)的出口依次连接振动筛(8)、螺杆泵(10)、除铁器(11)、研磨泵(12)以及含固废物缓冲罐(13);振动筛(8)的异物出口与储渣罐(9)相连;石英砂料仓(33)通过第二螺旋输送机(34)与含固废物缓冲罐(13)相连。

3. 根据权利要求1或所述的基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,其特征在于,含固废物预热模块包括物料泵(14)和换热器(15),预处理完成后物料经物料泵(14)输送到换热器(15)内管进口,在换热器(15)内进行预热,换热器(15)外管热流体来源于超临界水氧化反应后的高温流体,新鲜物料在换热器(15)内管预热完成后,经由换热器(15)内管出口进入到超临界水氧化模块的物料进口。

4. 根据权利要求3或所述的基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,其特征在于,超临界水氧化模块为超临界水氧化反应器(16),超临界水氧化反应器(16)的物料进口与换热器(15)内管出口相连,氧化剂进口与氧化剂供给模块相连,出口热流体与换热器(15)的外管热流体进口相连接,换热后的热流体经换热器(15)外管出口进入后续产物降温降压模块。

5. 根据权利要求4或所述的基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,其特征在于,氧化剂供给模块包括液氧储槽(17),液氧储槽(17)的出口依次连接液氧泵(18)、液氧气化器(19)以及氧气缓冲罐(20),氧气缓冲罐(20)的出口与超临界水氧化反应器(16)的氧化剂进口相连。

6. 根据权利要求4或所述的基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,其特征在于,后续产物降温降压模块包括蒸汽发生器(21)、冷却水罐(22);换热器(15)外管出口进入蒸汽发生器(21)中热流体进口相连;冷却水罐(22)通过冷却水泵(23)与蒸汽发生器(21)相连;蒸汽发生器(21)通过减压阀(24)与后续产物在线分离模块相连。

7. 根据权利要求6或所述的基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,其特征在于,后续产物在线分离模块相连包括三相分离器(25)、后续液相处理装置(28)以及后续固相处理装置(32);减压阀(24)的出口与三相分离器(25)相连,经三相分离器(25)分离后的达标气相直接排放,液相进入后续液相处理装置(28),固相出口依次连接固相产物料仓(26)、第三螺旋输送机(27)以及离心机(29),经离心机(29)离心后的液相出口依次连接回料罐(30)和回料泵(31),回料泵(31)的出口与三相分离器(25)的返料进口相连;离心机(29)的干固体残渣进入后续固相处理装置(32)中进行固体残渣的回收。

## 基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于超临界水氧化技术处理含固体废物领域,涉及一种基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统。

### 背景技术

[0002] 近几年,随着我国工业的持续发展,含固体废物排放量逐年增加,主要包括固态、半固态废弃物质,如炉渣、污泥、废弃的制品等,对于含固有机废物,其有机物含量高,有机物种类多,COD浓度大,同时具有重金属等毒性物质,也可能含有爆炸性、放射性及腐蚀性等,对人类及环境都有严重危害。目前所采用的含固有机废物处理方法多为焚烧法,焚烧法具有一定的处理效果,但利用焚烧法进行处理含固体废物时,会产生强毒性的二噁英,同时还会产生硫化物、氮氧化物及飞灰等二次污染;此外,利用焚烧法时,需添加辅助燃料来维持燃烧,降低了系统经济性,处理成本高。

[0003] 超临界水氧化(Supercritical Water Oxidation, SCWO)技术在处理含固有机废物时具有显著的优势。超临界水氧化技术利用超临界条件下氧气、有机物等非极性分子能完全溶解在超临界水中的特性,以氧气作为氧化剂,与有机物在超临界条件下发生反应,反应过程中释放出大量热量,当有机物浓度达到约3wt.%时,反应系统可利用自身释放的热量来维持反应,从而不需从外界添加辅助燃料,降低了系统运行成本。同时,超临界水氧化技术具有反应速率快,有机物效率高的优点,有毒有机物能在极短的反应时间内将降解为CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O等小分子化合物,且反应过程中不会产生二噁英、硫化物、氮氧化物等二次污染物质,处理过程无异味,无需后续气体装置。含固体废物经超临界水氧化技术处理后,重金属能达稳定化,稳定在固相残渣中,同时还能实现含固体废物的减容减量化。

[0004] 但利用超临界水氧化技术处理含固有机废物时,还存在一些问题:

[0005] (1) 含固体废物多为固态、半固态等废弃物质,本身不具备流动性,难以直接使用泵等动力装置进行输运,利用超临界水氧化连续式装置进行含固体废物的处理时,需对含固体废物进行合适的预处理。

[0006] (2) 若含固体废物中含有大块坚硬异物等,当含固体废物进入连续式超临界水氧化系统中时,会损坏设备,使得系统运行直接出现问题,严重影响系统的安全性及可靠性。

[0007] (2) 由于含固体废物本身的特殊性质,如含有不溶性的惰性固体等,其在超临界水氧化系统中进行输运时,易发生惰性固体的沉积堵塞。同时,由于超临界水的特殊性质,其对无机盐的溶解性极小,当含固体废物中含盐量较高时,在超临界水的作用下,无机盐结晶析出,最终在设备中会发生盐的沉积及堵塞,影响系统的安全运行,同时降低反应物降解效率。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点,提供一种基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,可有效解决含固体废物采用超临界水氧化技术处理时的预

处理问题、反应过程中出现的盐沉积及堵塞等问题及处理完成后固相产物的高效分离及资源化利用等问题。

[0009] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案予以实现:

[0010] 基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,包括含固体废物预处理模块、含固体废物预热模块、氧化剂供给模块、超临界水氧化模块、后续产物降温降压模块和后续产物在线分离模块;含有含固体废物的污泥通过含固体废物预处理模块进行预处理后进入含固体废物预热模块,预热后的污泥进入超临界水氧化模块中与氧化剂供给模块输送来的氧化剂进行混合反应;反应后的产物经后续产物降温降压模块降温后进入后续产物在线分离模块进行三相分离。

[0011] 本发明进一步的改进在于:

[0012] 含固体废物预处理模块包括含固体废物料仓、软化水罐以及石英砂料仓;含固体废物料仓的出口通过第一螺旋输送机与破碎机相连;软化水罐通过软化水泵与含固体废物调配罐相连;含固体废物调配罐的出口依次连接振动筛、螺杆泵、除铁器、研磨泵以及含固体废物缓冲罐;振动筛的异物出口与储渣罐相连;石英砂料仓通过第二螺旋输送机与含固体废物缓冲罐相连。

[0013] 含固体废物预热模块包括物料泵和换热器,预处理完成后物料经物料泵输送到换热器内管进口,在换热器内进行预热,换热器外管热流体来源于超临界水氧化反应后的高温流体,新鲜物料在换热器内管预热完成后,经由换热器内管出口进入到超临界水氧化模块的物料进口。

[0014] 超临界水氧化模块为超临界水氧化反应器,超临界水氧化反应器的物料进口与换热器内管出口相连,氧化剂进口与氧化剂供给模块相连,出口热流体与换热器的外管热流体进口相连通,换热后的热流体经换热器外管出口进入后续产物降温降压模块。

[0015] 氧化剂供给模块包括液氧储槽,液氧储槽的出口依次连接液氧泵、液氧气化器以及氧气缓冲罐,氧气缓冲罐的出口与超临界水氧化反应器的氧化剂进口相连。

[0016] 后续产物降温降压模块包括蒸汽发生器、冷却水罐;换热器外管出口进入蒸汽发生器中热流体进口相连;冷却水罐通过冷却水泵与蒸汽发生器相连;蒸汽发生器通过减压阀与后续产物在线分离模块相连。

[0017] 后续产物在线分离模块相连包括三相分离器、后续液相处理装置以及后续固相处理装置;减压阀的出口与三相分离器相连,经三相分离器分离后的达标气相直接排放,液相进入后续液相处理装置,固相出口依次连接固相产物料仓、第三螺旋输送机以及离心机,经离心机离心后的液相出口依次连接回料罐和回料泵,回料泵的出口与三相分离器的返料进口相连;离心机的干固体残渣进入后续固相处理装置中进行固体残渣的回收。

[0018] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0019] 本发明利用超临界水氧化技术无害化处理含固体废物,对含固体废物进行预处理,采取多级打散、破碎、除异物的方式,使含固体废物彻底破碎、打散,同时对含固体废物进行适当调配,采用框式及叶轮式搅拌器对含固体废物进行周向及径向搅拌,使其能够满足系统后续运输及处理条件,提高了系统连续输配能力。

[0020] 进一步地,本发明在易发生沉积堵塞的换热器前添加石英砂,利用在石英砂坚硬、耐磨的特性,在物料流速大于临界沉降流速的情况下,将换热器及反应器内可能存在的沉

积盐等固体颗粒带走,避免了换热器、反应器等设备可能发生的固体颗粒沉积及堵塞等问题。

[0021] 进一步地,本发明中所用反应器为内螺纹管式反应器,相比于传统的管式反应器,内螺纹管一方面能够增强反应器内的流体紊流强度,强化换热的同时又强化了含固废物的降解效率,同时流体的扰动能够避免反应器内的盐沉积,提升了系统安全及可靠性能。

[0022] 进一步地,本发明在采用三相分离器进行气液固分离的基础上加以改善,采取了气液固三相分离与液固分离两级分离技术的结合,同时对液固分离后的液相产物进行循环,使得分离出的固相产物含水率较低,大大地提高了分离效率。

[0023] 进一步地,超临界水氧化处理含固体废物系统不仅实现了热量的合理利用,反应过程中产生的多余热量还用来产生蒸汽,所产蒸汽用于工业或者外售;同时,反应后的无害化固相成分实现在线分离,主要用于制砖、制陶粒或者外售。两股资源的合理利用大大降低了系统运行成本,提升了系统经济性。

## 附图说明

[0024] 图1是本发明的反应系统示意图。

[0025] 其中:1-含固废物料仓;2-第一螺旋输送机;3-破碎机;4-含固体废物调配罐;5-软化水罐;6-软化水泵;7-搅拌机;8-振动筛;9-储渣槽;10-螺杆泵;11-除铁器;12-研磨泵;13-含固体废物缓冲罐;14-物料泵;15-换热器;16-超临界水氧化反应器;17-液氧储槽;18-液氧泵;19-液氧气化器;20-氧气缓冲罐;21-蒸汽发生器;22-冷却水罐;23-冷却水泵;24-减压阀;25-三相分离器;26-固相产物料仓;27-第三螺旋输送机;28-后续液相处理装置;29-离心机;30-回料罐;31-回料泵;32-后续固相处理装置;33-石英砂料仓;34-第二螺旋输送机。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述:

[0027] 参见图1,本发明基于超临界水氧化技术的含固有机废物的处理及分离系统,包括含固体废物预处理模块、含固体废物预热模块、氧化剂供给模块、超临界水氧化模块、后续产物降温降压模块、后续产物在线分离模块。

[0028] 在该系统中,各设备的连接方式如下:

[0029] 含固废物料仓1出口与第一螺旋输送机2进口相连,第一螺旋输送机2出口与破碎机3进口相连,破碎机3出口与含固体废物调配罐4物料进口相连,软化水罐5出口与软化水泵6进口相连,软化水泵6出口与含固体废物调配罐4软化水进口相连,含固体废物调配罐4出口与振动筛8进口相连,振动筛8出口与螺杆泵10进口相连,螺杆泵10出口与除铁器11进口相连,除铁器11出口与研磨泵12进口相连,研磨泵12出口与含固体废物缓冲罐13出口相连,石英砂料仓33出口与第二螺旋输送机34进口相连,第二螺旋输送机34出口与含固体废物缓冲罐13进口相连。含固体废物缓冲罐13出口与物料泵14进口相连,物料泵14出口与换热器15内管进口相连,换热器15内管出口与超临界水氧化反应器16物料进口相连。

[0030] 液氧储槽17出口与液氧泵18进口相连,液氧泵18出口与液氧气化器19进口相连,液氧气化器19出口与氧气缓冲罐20进口相连,氧气缓冲罐20出口与超临界水氧化反应器16氧气进口相连。

[0031] 超临界水氧化反应器16产物出口与换热器15外管热流体进口相连,换热器15外管热流体出口与蒸汽发生器21产物进口相连,蒸汽发生器21产物出口与减压阀24进口相连,冷却水罐22出口与冷却水泵23进口相连,冷却水泵23出口与蒸汽发生器21冷却水进口相连,蒸汽发生器21产生蒸汽,用于工业装置或外售。

[0032] 减压阀24出口与三相分离器25产物进口相连,三相分离器25气相对空排放,三相分离器25液相出口与后续液相处理装置28相连,三相分离器25固相出口与固相产物料仓26进口相连,固相产物料仓26出口与第三螺旋输送机27进口相连,第三螺旋输送机27出口与离心机29进口相连,离心机29液相产物出口与回料罐30进口相连,回料罐30出口与回料泵31进口相连,回料泵31出口与三相分离器25返料进口相连,离心机29固相产物出口与后续固相处理装置32进口相连。

[0033] 本实例以超临界水氧化技术处理污泥类含固有机废物为例,对含固有机废物的预处理模块及后续产物在线分离模块等作详细说明:

[0034] 系统启动时,将系统内充满软化水,通过外部电加热器对系统进行逐渐升温,升温完成后,对系统进行逐级升压,最终使系统逐渐升温升压至超临界状态,做好系统启动前准备。

[0035] 系统正常运行时,含有含固废物的污泥放置在含固废物料仓1内,通过第一螺旋输送机2将污泥定量输送到破碎机3中,第一螺旋输送机2后半部分输送螺旋上安装有刀片,将大块污泥及砖块等异物进行第一级剪切破碎,经剪切破碎后的污泥进入到破碎机3中,对污泥进行第二级破碎,同时进一步打散污泥,经二级破碎后的污泥进入到含固体废物调配罐4中,在含固体废物调配罐4中进行污泥的调配及均质,软化水罐5中的软化水出口与软化水泵6进口相连,软化水泵6将污泥调配所需的软化水定量输送到含固体废物调配罐4中,需添加的软化水量根据将污泥初始含水率进行确定,将污泥调配到90%左右含水率,使其具备流动性,满足后续物料泵的输送要求。同时,在含固体废物调配罐4中安装有搅拌器7,搅拌器7的形式为框式结合叶轮式,两者的结合能使污泥调配罐在受到周向及径向的均匀搅拌,避免了污泥沉降聚集。调配并均质完成后的污泥直接进入振动筛8中,在振动筛8的振动分离作用下,一些金属类如螺栓等不易破碎的异物与流动性好的污泥进行分离,筛分出的异物放置在储渣槽9中,进行后续处理及放置,污泥在振动筛8中得到第三级的筛分处理,筛分后的污泥与螺杆泵10进口相连,由螺杆泵9输送到除铁器11中,在除铁器11中将污泥中混杂的铁磁性杂质进一步进行精细清除,保证了后续输送系统中研磨机等机械设备安全正常工作,除完铁磁性杂质后的污泥进入到后续研磨泵12中,将污泥进行研磨,研磨到污泥粒径在30-40nm之间。研磨后的污泥进入到含固体废物缓冲罐13中。同时在含固体废物缓冲罐13中添加适量的石英砂,石英砂由第二螺旋输送机34从石英砂料仓33中输送到含固体废物缓冲罐13中,与污泥进行混合,所添加的石英砂的量应满足混合物料流速大于系统中临界沉降速度。预处理完成后的不含杂质且流动性好的物料经由物料泵14输送到换热器15内管进口,物料在换热器15内进行预热,换热器15外管热流体来源于超临界水氧化反应后的高温流体,新鲜物料在换热器15内管预热完成后,经由换热器15内管出口进入到反应器16物料进口。

[0036] 反应系统中氧化剂为氧气,氧气来源于液氧的气化。液氧储槽17出口与液氧泵18入口相连,液氧泵18出口将液氧输送到液氧气化器19中,液氧在液氧气化器内,在空气的作用下,气化为氧气,液氧气化器19出口与氧气缓冲罐20相连,氧气缓冲罐20内储存气化完的

氧气,氧气缓冲罐20上氧气出口与反应器16氧化剂进口相连。

[0037] 预热后的污泥与氧气在超临界水氧化反应器16内进行混合反应,反应器16内部设有内螺纹,在内螺纹的作用下,大大增强了反应流体的紊流强度,使得反应物得以更加彻底的降解,同时,在内螺纹的扰动与石英砂的双重作用下,避免了反应过程中会出现的盐沉积堵塞现象。同时由于反应过程中大量放热,反应过程中无需再添加额外燃料便能维持系统处于超临界状态正常运行。反应后的热流体一部分用于预热新鲜物料,一部分用于产蒸汽外售。反应器16出口热流体与换热器15外管热流体进口相连,热流体在换热器15外管对管内的新鲜物料加热,换热完成后的热流体经由换热器15外管出口进入蒸汽发生器21中盘管热流体进口,蒸汽发生器21中冷却水来源于外界冷却水罐22,经由冷却水泵23输送到蒸汽发生器冷水进口,产生的蒸汽用于工业或外售,蒸汽发生器21中盘管出口与减压阀入口相连,降温完成后的反应产物进入经由减压阀24进行降压。

[0038] 减压阀24出口低温低压产物进入到三相分离器25。经三相分离器25分离后的达标气相直接高空排放,液相进入到后续液相处理装置28,如达标排放或其他利用方式,分离后的固相经由三相分离器25底部排渣口排入到固相产物料仓26中,固相产物料仓26出口与第三螺旋输送机27进口相连,第三螺旋输送机27出口与离心机29物料进口相连,由于分离后的固相产物仍具有一定的水分,此处采用两级分离连用,经离心机29离心后的液相进入到回料罐30中,为避免液相中仍含有部分残渣,此处分离出来的液相经由回料泵31输送到三相分离器25返料进口,进行液相产物的循环分离,经离心机29离心后的干固体残渣进入到后续固相处理装置32,进行固体残渣的回收,或用于制砖、制陶粒以及直接外售等。

[0039] 以上内容仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明权利要求书的保护范围之内。

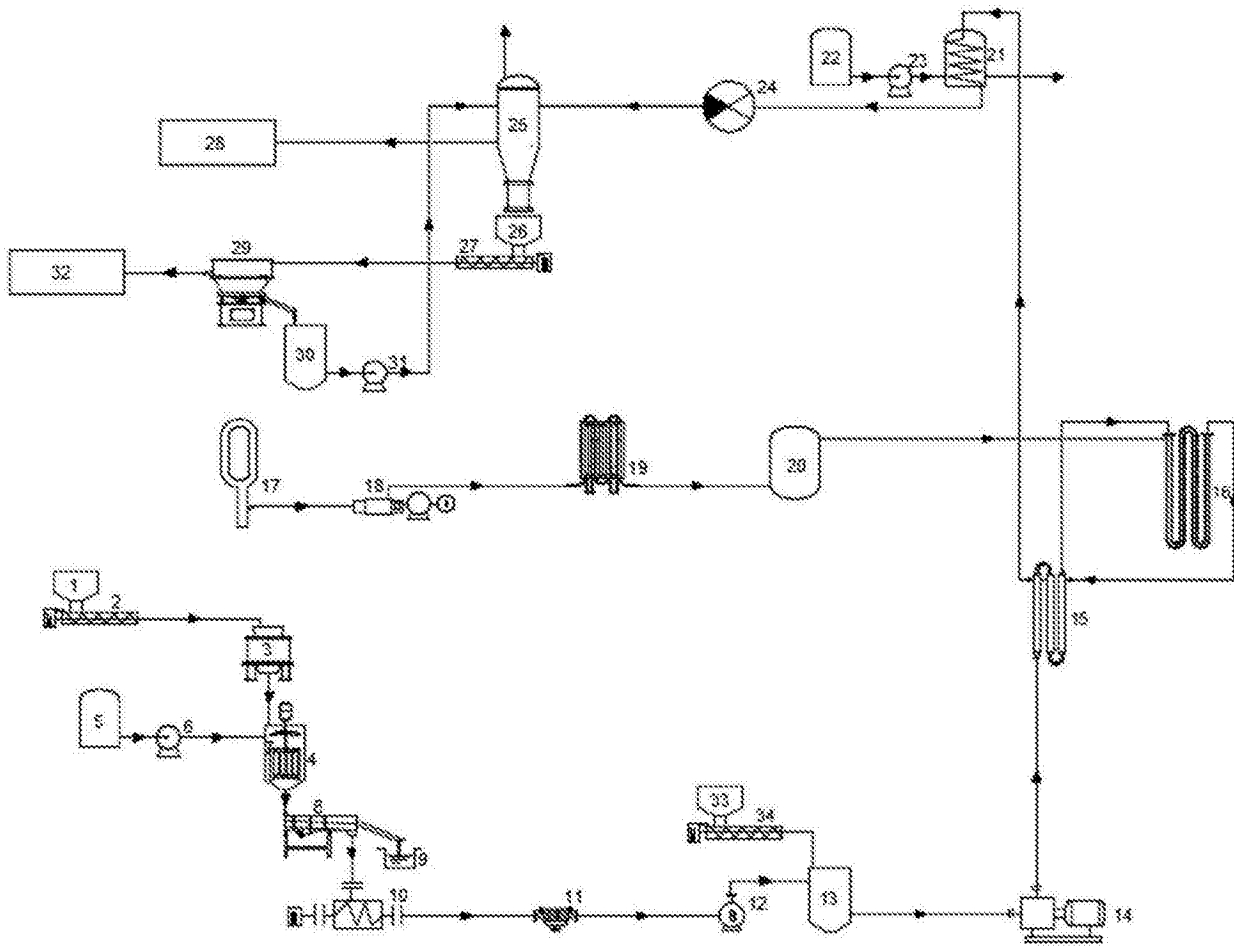


图1