



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116146960 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 23

(21) 申请号 202211441190.1

(22) 申请日 2022.11.17

(66) 本国优先权数据

202111394746.1 2021.11.23 CN

(71) 申请人 洛阳瑞昌环境工程有限公司

地址 471003 河南省洛阳市自由贸易试验区洛阳片区高新技术产业开发区延光路8号

(72) 发明人 王大阳 吕凤 沈中杰 郭晓镭
段乐章 高永川 许建良 陆海峰
韩利涛 拓鹏杰 梁钦锋 赵辉
刘爽 邵松 刘海峰 王辅臣
于广锁 王亦飞 陈雪莉

(74) 专利代理机构 北京市中联创和知识产权代理有限公司 11364
专利代理师 张利杰 谢威

(51) Int.Cl.

F22B 1/02 (2006.01)

F22B 37/44 (2006.01)

F22D 1/00 (2006.01)

F22G 1/14 (2006.01)

F28D 20/00 (2006.01)

F28C 3/02 (2006.01)

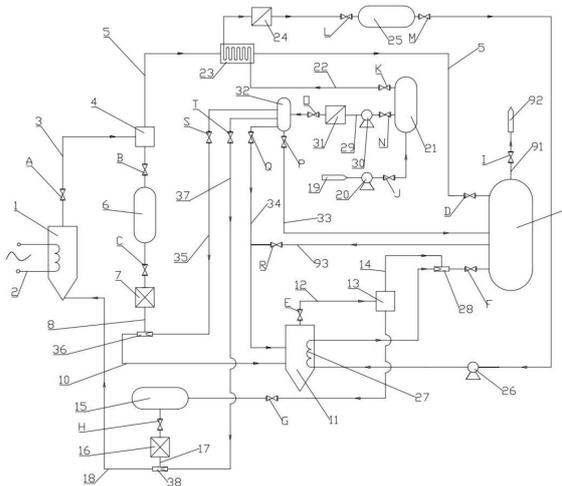
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

一种热化学蓄热储能系统及储能方法

(57) 摘要

本发明提供了一种热化学蓄热储能供热系统及储能供热方法,所述供热系统包括第一蒸汽缓冲罐和热化学蓄热装置,热化学蓄热装置包括首尾依次连通的分解反应器、第一料仓、合成反应器、第二料仓,热化学蓄热装置中设置能够被循环输送的钙基物料,分解反应器设置供能装置,第一蒸汽缓冲罐的循环管与合成反应器连通;第一蒸汽缓冲罐的入口通过第一蒸汽管路与分解反应器连通,第一蒸汽缓冲罐的入口通过第二蒸汽管路与合成反应器连通;本发明避免了常规锅炉的使用,能够在谷电时段进行化学蓄热储能以及供热,在峰电时段仅通过化学放热进行供热,能够有效地进行电能的削峰填谷,杜绝了常规供热系统的碳排放问题,也有利于降低用电成本。



1. 一种热化学蓄热储能供热系统,其特征在于,所述供热系统包括第一蒸汽缓冲罐(9)和热化学蓄热装置,所述热化学蓄热装置包括首尾依次连通的分解反应器(1)、第一料仓(6)、合成反应器(11)、第二料仓(15),所述热化学蓄热装置中设置能够被循环输送的钙基物料,所述分解反应器(1)设置供能装置(2),所述第一蒸汽缓冲罐(9)的循环管(93)与合成反应器(11)连通,能够将第一蒸汽缓冲罐(9)中的一部分蒸汽输送至合成反应器(11)内;所述第一蒸汽缓冲罐(9)的入口通过第一蒸汽管路(5)与分解反应器(1)连通;所述第一蒸汽缓冲罐(9)的入口通过第二蒸汽管路(14)与合成反应器(11)连通,或者合成反应器(11)产出的蒸汽通过第二蒸汽管路(14)排空。

2. 根据权利要求1所述的一种热化学蓄热储能供热系统,其特征在于,所述供热系统包括补水单元,所述补水单元包括依次连通的补水水源(19)、软化水罐(21)、换热器(23)、储水罐(25),所述软化水罐(21)设置第一水管(22),所述第一水管(22)与换热器(23)的低温介质流道连通,所述第一蒸汽管路(5)与换热器(23)的高温介质流道连通。

3. 根据权利要求2所述的一种热化学蓄热储能供热系统,其特征在于,所述合成反应器(11)设置换热设备(27),所述储水罐(25)的出口与换热设备(27)的入口连通,所述换热设备(27)的出口与第一蒸汽缓冲罐(9)连通。

4. 根据权利要求3所述的一种热化学蓄热储能供热系统,其特征在于,所述第二蒸汽管路(14)或换热设备(27)的出口设置蒸汽引射器(28),所述第二蒸汽管路(14)、换热设备(27)的出口均与蒸汽引射器(28)的入口连接,所述蒸汽引射器(28)的出口与第一蒸汽缓冲罐(9)连通。

5. 根据权利要求2所述的一种热化学蓄热储能供热系统,其特征在于,所述供热系统包括补蒸汽单元,所述补蒸汽单元包括依次连接的蒸汽发生器(31)、第二蒸汽缓冲罐(32),所述蒸汽发生器(31)的入口通过第二水管(29)与软化水罐(21)连接,所述蒸汽发生器(31)的蒸汽出口与第二蒸汽缓冲罐(32)的入口连接,所述第二蒸汽缓冲罐(32)的出口设置补热管(33),所述补热管(33)与第一蒸汽缓冲罐(9)连通。

6. 根据权利要求5所述的一种热化学蓄热储能供热系统,其特征在于,所述第二蒸汽缓冲罐(32)的出口设置反应供汽管(34),所述反应供汽管(34)与合成反应器(11)连通。

7. 根据权利要求5所述的一种热化学蓄热储能供热系统,其特征在于,所述第一料仓(6)的出料口设置第一下料装置(7),所述第二料仓(15)的出料口设置第二下料装置(16),所述第一下料装置(7)与合成反应器(11)连通,所述第二下料装置(16)与分解反应器(1)连通。

8. 根据权利要求7所述的一种热化学蓄热储能供热系统,其特征在于,所述第二蒸汽缓冲罐(32)的出口设置第一载料汽管(35),所述第一下料装置(7)的出口设置第一下料管(8),所述合成反应器(11)设置第一供料管路(10),所述第一载料汽管(35)或第一下料管(8)设置第一节流设备(36),所述第一载料汽管(35)、第一下料管(8)分别与第一节流设备(36)的入口连接,所述第一节流设备(36)的出口与第一供料管路(10)连接;

所述第二蒸汽缓冲罐(32)的出口设置第二载料汽管(37),所述第二下料装置(16)的出口设置第二下料管(17),所述分解反应器(1)设置第二供料管路(18),所述第二载料汽管(37)或第二下料管(17)设置第二节流设备(38),所述第二载料汽管(37)、第二下料管(17)分别与第二节流设备(38)的入口连接,所述第二节流设备(38)的出口与第二供料管路(18)

连接。

9. 根据权利要求1所述的一种热化学蓄热储能供热系统,其特征在于,所述分解反应器(1)的出料口设置第一出料管路(3),所述第一出料管路(3)与第一气固分离装置(4)的进料口连接,所述第一气固分离装置(4)的蒸汽出口与第一蒸汽管路(5)连接,所述第一气固分离装置(4)的钙基物料出口与第一料仓(6)的入口连接;

所述合成反应器(11)的出料口设置第二出料管路(12),所述第二出料管路(12)与第二气固分离装置(13)的进料口连接,所述第二气固分离装置(13)的蒸汽出口与第二蒸汽管路(14)连接,所述第二气固分离装置(13)的钙基物料出口与第二料仓(15)的入口连接。

10. 一种热化学蓄热储能供热方法,其特征在于,所述供热方法应用于权利要求1-9任一项所述的热化学蓄热储能供热系统,所述供热方法包括储能供热过程、释能供热过程;

所述储能供热过程将第二料仓(15)内存储的氢氧化钙输送至分解反应器(1)内,通过供能装置(2)对氢氧化钙进行加热分解,生成的氧化钙被输送至第一料仓(6)中进行存储,生成的过热蒸汽被输送至第一蒸汽缓冲罐(9),用于向用汽系统(92)供应蒸汽;

所述释能供热过程将第一料仓(6)中存储的氧化钙输送至合成反应器(11),并向合成反应器(11)内输送蒸汽,合成反应器(11)内氧化钙与水发生反应释放热量,并将热量以过热蒸汽的形式输送至第一蒸汽缓冲罐(9),用于向用汽系统(92)供应蒸汽,生成的氢氧化钙被输送至第二料仓(15)中进行存储。

一种热化学蓄热储能系统及储能方法

技术领域

[0001] 本发明涉及化学储能技术领域,特别涉及一种热化学蓄热储能供热系统及储能供热方法。

背景技术

[0002] 目前全国供电相对紧张,主要是峰电时段供电最为紧缺,而谷电阶段供应则较为宽裕,一般电网峰电负荷比谷电负荷高50%~100%,且峰电电价也高于谷电电价。为此,在较多的工业领域、民用领域中均在倡导能量存储技术,通过对谷电阶段进行能量储存,并在峰电时段利用这一储存的能量,以降低峰电时段的供电压力、用电成本。

[0003] 以轻工业领域为例,如食品加工企业,在其生产制造过程中,往往需要一定的热量供应,以满足生产需求。目前较多企业采用燃煤锅炉或电热锅炉等常规供热系统进行供热,往往存在环保、峰谷电调节困难等问题。

[0004] 在现有技术中,热量储存技术主要分为显热蓄热、潜热蓄热和化学蓄热三种方式。显热蓄热热密度小,热损失严重,储热周期短;相变蓄热存在两相分离,材料泄露和腐蚀等问题;相比前两种技术,热化学储能具有储能密度高,反应温度高、长期储热损失小等显著优点,能有效地解决电能的转换、储存、传输与高温再生。

[0005] 为此,在当前能源、电力相对紧张的环境下,在工业领域,乃至民用领域,有必要对当下常规的供热系统进行改进。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明旨在提出一种热化学蓄热储能供热系统及储能供热方法,对现有技术中常规供热系统进行改进,通过热化学蓄热储能来对电能进行削峰填谷,使电能得到最佳化且有效地利用,以解决常规供热系统碳排放偏高、峰谷电调节困难、用电成本偏高等问题。

[0007] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0008] 一种热化学蓄热储能供热系统,包括第一蒸汽缓冲罐和热化学蓄热装置,所述热化学蓄热装置包括首尾依次连通的分解反应器、第一料仓、合成反应器、第二料仓,所述热化学蓄热装置中设置能够被循环输送的钙基物料,所述分解反应器设置供能装置,所述第一蒸汽缓冲罐的循环管与合成反应器连通,能够将第一蒸汽缓冲罐中的一部分蒸汽输送至合成反应器内;所述第一蒸汽缓冲罐的入口通过第一蒸汽管路与分解反应器连通,用于收集分解反应器中产出的过热蒸汽;所述第一蒸汽缓冲罐的入口通过第二蒸汽管路与合成反应器连通,用于收集合成反应器中产出的过热蒸汽,或者合成反应器产出的蒸汽通过第二蒸汽管路排空。

[0009] 进一步的,所述供热系统包括补水单元,所述补水单元包括依次连通的补水水源、软化水罐、换热器、储水罐,所述软化水罐设置第一水管,所述第一水管与换热器的低温介质流道连通,所述第一蒸汽管路与换热器的高温介质流道连通。

[0010] 进一步的,所述合成反应器设置换热设备,所述储水罐的出口与换热设备的入口连通,所述换热设备的出口与第一蒸汽缓冲罐连通。

[0011] 进一步的,所述第二蒸汽管路或换热设备的出口设置蒸汽引射器,所述第二蒸汽管路、换热设备的出口均与蒸汽引射器的入口连接,所述蒸汽引射器的出口与第一蒸汽缓冲罐连通。

[0012] 进一步的,所述供热系统包括补蒸汽单元,所述补蒸汽单元包括依次连接的蒸汽发生器、第二蒸汽缓冲罐,所述蒸汽发生器的入口通过第二水管与软化水罐连接,所述蒸汽发生器的蒸汽出口与第二蒸汽缓冲罐的入口连接,所述第二蒸汽缓冲罐的出口设置补热管,所述补热管与第一蒸汽缓冲罐连通。

[0013] 进一步的,所述第二蒸汽缓冲罐的出口设置反应供汽管,所述反应供汽管与合成反应器连通。

[0014] 进一步的,所述第一料仓的出料口设置第一下料装置,所述第二料仓的出料口设置第二下料装置,所述第一下料装置与合成反应器连通,所述第二下料装置与分解反应器连通。

[0015] 进一步的,所述第二蒸汽缓冲罐的出口设置第一载料汽管,所述第一下料装置的出口设置第一下料管,所述合成反应器设置第一供料管路,所述第一载料汽管或第一下料管设置第一节流设备,所述第一载料汽管、第一下料管分别与第一节流设备的入口连接,所述第一节流设备的出口与第一供料管路连接;所述第二蒸汽缓冲罐的出口设置第二载料汽管,所述第二下料装置的出口设置第二下料管,所述分解反应器设置第二供料管路,所述第二载料汽管或第二下料管设置第二节流设备,所述第二载料汽管、第二下料管分别与第二节流设备的入口连接,所述第二节流设备的出口与第二供料管路连接。

[0016] 进一步的,所述分解反应器的出料口设置第一出料管路,所述第一出料管路与第一气固分离装置的进料口连接,所述第一气固分离装置的蒸汽出口与第一蒸汽管路连接,所述第一气固分离装置的钙基物料出口与第一料仓的入口连接;所述合成反应器的出料口设置第二出料管路,所述第二出料管路与第二气固分离装置的进料口连接,所述第二气固分离装置的蒸汽出口与第二蒸汽管路连接,所述第二气固分离装置的钙基物料出口与第二料仓的入口连接。

[0017] 一种热化学蓄热储能供热方法,应用于所述的热化学蓄热储能供热系统,所述供热方法包括储能供热过程、释能供热过程;所述储能供热过程将第二料仓内存储的氢氧化钙输送至分解反应器内,通过供能装置对氢氧化钙进行加热分解,生成的氧化钙被输送至第一料仓中进行存储,生成的过热蒸汽被输送至第一蒸汽缓冲罐,用于向用汽系统供应蒸汽;所述释能供热过程将第一料仓中存储的氧化钙输送至合成反应器,并向合成反应器内输送蒸汽,合成反应器内氧化钙与水发生反应释放热量,并将热量以过热蒸汽的形式输送至第一蒸汽缓冲罐,用于向用汽系统供应蒸汽,生成的氢氧化钙被输送至第二料仓中进行存储。

[0018] 相对于现有技术,本发明所述的一种热化学蓄热储能供热系统及储能供热方法具有以下优势:

[0019] 本发明所述的一种热化学蓄热储能供热系统及储能供热方法,通过设置热化学蓄热装置,避免了常规锅炉的使用,能够充分利用谷电时段进行化学蓄热储能以及供热,在峰

电时段仅通过化学蓄热储能进行化学放热进行供热,能够有效地进行电能的削峰填谷,杜绝了常规供热系统的碳排放问题,也有利于降低用电成本。同时,本申请无论在化学蓄热储能过程,还是化学放热过程,均能够生成过热蒸汽,通过第一蒸汽缓冲罐对过热蒸汽进行汇集并能够提供给外界的用汽系统进行使用。

附图说明

[0020] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0021] 图1为本发明实施例所述的一种热化学蓄热储能供热系统的结构示意图;

[0022] 图2为本发明实施例所述的一种热化学蓄热储能供热系统中气固分离装置、料仓、下料装置之间的结构示意图;

[0023] 图3为本发明实施例所述的一种热化学蓄热储能供热系统中料仓的一种下料形式示意图;

[0024] 图4为本发明实施例所述的一种热化学蓄热储能供热系统中料仓的另一种下料形式示意图。

[0025] 附图标记说明:

[0026] 1、分解反应器;2、供能装置;3、第一出料管路;4、第一气固分离装置;5、第一蒸汽管路;6、第一料仓;7、第一下料装置;8、第一下料管;9、第一蒸汽缓冲罐;91、供汽管路;92、用汽系统;93、循环管;10、第一供料管路;11、合成反应器;12、第二出料管路;13、第二气固分离装置;14、第二蒸汽管路;15、第二料仓;16、第二下料装置;17、第二下料管;18、第二供料管路;19、补水水源;20、第一水泵;21、软化水罐;22、第一水管;23、换热器;24、补热器;25、储水罐;26、第二水泵;27、换热设备;28、蒸汽引射器;29、第二水管;30、第三水泵;31、蒸汽发生器;32、第二蒸汽缓冲罐;33、补热管;34、反应供汽管;35、第一载料汽管;36、第一节流设备;37、第二载料汽管;38、第二节流设备;39、第一级分离器;40、第一汇料管;42、第二级分离器;43、第二汇料管;44、失重称;45、螺杆下料器;46、罐体支耳;47、称重模块;48、控制器;49、信号线;50、反馈调节阀。

具体实施方式

[0027] 下文将使用本领域技术人员向本领域的其它技术人员传达他们工作的实质所通常使用的术语来描述本公开的发明概念。然而,这些发明概念可体现为许多不同的形式,因而不应视为限于本文中所述的实施例。

[0028] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。本申请附图中的箭头表示相关物料的流动方向。按照英文字母的常规排列顺序,附图中的A-T均是指对应的阀门,鉴于“管路设置阀门”相对常见,本申请并不必对每个阀门的设置进行文字介绍,以结合附图便于对方案介绍、理解为宜。

[0029] 由于存在一定的结构相似性,附图2中的具体设置,可以是第一气固分离装置4、第一料仓6、第一下料装置7以及其相关的具体结构设置,也可以是第二气固分离装置13、第二料仓15、第二下料装置16以及其相关的具体结构设置,相应的附图标记也以括号的形式进行了区分,以便于理解。

[0030] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0031] 实施例1

[0032] 本实施例提出一种热化学蓄热储能供热系统,如附图1-4所示,所述供热系统包括第一蒸汽缓冲罐9和热化学蓄热装置,所述热化学蓄热装置包括首尾依次连通的分解反应器1、第一料仓6、合成反应器11、第二料仓15,所述热化学蓄热装置中设置能够被循环输送的钙基物料,所述钙基物料包括氢氧化钙颗粒、氧化钙颗粒,所述分解反应器1设置供能装置2,使得氢氧化钙分解生成氧化钙、过热蒸汽,所述第一料仓6用于存储分解反应器1中生成的氧化钙,从而实现化学蓄热储能过程。

[0033] 所述第一蒸汽缓冲罐9的循环管93与合成反应器11连通,能够将第一蒸汽缓冲罐9中的一部分蒸汽输送至合成反应器11内,使得氧化钙与水蒸汽反应生成氢氧化钙,反应放出的热量对过量的水蒸汽加热生成过热蒸汽,从而将化学能以热能的方式释放出来,实现化学放热过程;所述第二料仓15用于存储合成反应器11中生成的氢氧化钙。所述第一蒸汽缓冲罐9的入口通过第一蒸汽管路5与分解反应器1连通,并通过第二蒸汽管路14与合成反应器11连通,用于收集分解反应器1、合成反应器11中产出的过热蒸汽。所述第一蒸汽缓冲罐9具有供汽管路91,所述第一蒸汽缓冲罐9通过供汽管路91与外界的用汽系统92连接。此外,对于合成反应器11而言,考虑到其内部的水分主要以参与反应为主,能够向外提供的蒸汽量有限,因此合成反应器11也可以不与第一蒸汽缓冲罐9连通,可以将合成反应器11的出气口设置第二蒸汽管路14,第二蒸汽管路14排空,即合成反应器11产出的蒸汽通过第二蒸汽管路14排空。

[0034] 亦或者,保持第二蒸汽管路14对合成反应器11、第一蒸汽缓冲罐9的连通,在第二蒸汽管路14设置额外的排空支管,根据实际生产需要进行适当排空。

[0035] 其中,所述供能装置2为电加热器和/或高温废热管路(例如温度约为610℃的工业高温废气),从而能够充分利用工业废热,提高废热资源的利用率,避免热能浪费。此外,所述供能装置2优选为电加热器,能够充分发挥电能的削峰填谷作用,在谷电时段利用分解反应器1进行电能向化学能转化的化学蓄热储能过程,在峰电时段利用合成反应器11进行化学放热过程,将化学能以热能的方式释放出来,使电能得到最佳化且有效地利用。所述用汽系统92可以是使用蒸汽物质参与生产、反应等生产系统,也可以是利用蒸汽携带的热量进行取热、用热的换热系统;当然,若用汽系统92对过热蒸汽进行控压、控温,满足民用供暖要求,也可以并入常规的民用供暖管网。

[0036] 从而本申请的供热系统,通过设置热化学蓄热装置,避免了常规锅炉的使用,能够充分利用谷电时段进行化学蓄热储能以及供热,在峰电时段仅通过化学蓄热储能进行化学放热进行供热,能够有效地进行电能的削峰填谷,杜绝了常规供热系统的碳排放问题,也有利于降低用电成本。同时,本申请无论在化学蓄热储能过程,还是化学放热过程,均能够生成过热蒸汽,通过第一蒸汽缓冲罐9对过热蒸汽进行汇集并能够提供给外界的用汽系统92进行使用。此外,通过设置循环管93,使得第一蒸汽缓冲罐9能够为合成反应器11提供反应物(水或水蒸汽),并且利用合成反应的放热,能够对水介质进行加热,生成过热蒸汽供外界使用。

[0037] 所述供热系统包括补水单元,所述补水单元包括依次连通的补水水源19、软化水罐21、换热器23、储水罐25,所述补水水源19可以为常规的工业供水水源,补水水源19通过

第一水泵20向软化水罐21内供水,通过软化水罐21对水进行软化处理,所述软化水罐21设置第一水管22,所述第一水管22与换热器23的低温介质流道连通,所述第一蒸汽管路5与换热器23的高温介质流道连通,在换热器23内,软化水与分解反应器1中产出的过热蒸汽进行换热,优选的,经过换热后,分解反应器1中产出的过热蒸汽由610℃降温至180℃,降温后的过热蒸汽被输送至第一蒸汽缓冲罐9内,换热后的软化水被输送至储水罐25中备用。从而使得在谷电阶段,一部分电能够转化为软化水的热能进行存储,以供峰电阶段使用。

[0038] 优选的,所述储水罐25的入口设置补热器24,从而经过换热器23换热后的软化水,若水温没有达到一定温度,可以通过补热器24对软化水进一步加热,使得进入储水罐25内的水具有足够高的水温。

[0039] 此外,所述合成反应器11设置换热设备27,用于对合成反应器11内的产热进行换热,所述换热设备27可以设置在合成反应器11的内部,也可以设置在合成反应器11的外部;例如,通过设置相应的盘管结构来作为换热设备27的换热部件,盘管结构可以位于合成反应器11的内部,也可以与合成反应器11的外壁贴合,均可以实现换热。所述储水罐25的出口与换热设备27的入口连通,所述换热设备27的出口与第一蒸汽缓冲罐9连通,从而在峰电时段,合成反应器11内部在单位时间内能够放出大量热量的情况下,通过储水罐25内的备用水进行及时换热,在管路内形成过热水或过热蒸汽,然后输送至第一蒸汽缓冲罐9中,能够及时、有效地带走合成反应器11内的大量热量,避免仅仅依靠循环管93向合成反应器11内输送的水物质,难以及时、快速地带走大量热量的情况发生,也避免合成反应器11内温度过高,有利于降低安全隐患。对于储水罐25内备用水的输出而言,可以在储水罐25的出口管线中设置第二水泵26,通过水泵促使储水罐25内的水流入换热设备27内,及时带走合成反应器11内的产热。

[0040] 优选的,所述第二蒸汽管路14或换热设备27的出口设置蒸汽引射器28,所述第二蒸汽管路14、换热设备27的出口均与蒸汽引射器28的入口连接,所述蒸汽引射器28的出口与第一蒸汽缓冲罐9连通,从而通过设置蒸汽引射器28,对于第二蒸汽管路14输出的过热蒸汽(由合成反应器11内直接生成、产出)、储水罐25输出的软化水经过换热后的过热水、过热蒸汽而言,两股温度可能不完全相同的水物质能够经过蒸汽引射器28混合后,再输送至第一蒸汽缓冲罐9内,有利于保持第一蒸汽缓冲罐9内部温度分布,避免温度过高的蒸汽冲击第一蒸汽缓冲罐9。

[0041] 所述供热系统除了补水单元之外,还包括补蒸汽单元,所述补蒸汽单元可以具有单独的供水单元,在本申请中,补蒸汽单元中的水资源来源可以和补水单元联用,具体为,所述补蒸汽单元包括依次连接的蒸汽发生器31、第二蒸汽缓冲罐32,所述蒸汽发生器31的入口通过第二水管29与软化水罐21连接,所述第二水管29设置第三水泵30,用于将软化水罐21内的软化水泵送到蒸汽发生器31中,所述蒸汽发生器31的蒸汽出口与第二蒸汽缓冲罐32的入口连接,从而在需要额外蒸汽时,可以通过使用软化水罐21中的软化水,并对其进行加热产蒸汽,然后输送至第二蒸汽缓冲罐32中备用,同时也实现了补蒸汽单元、补水单元之间共用一套供水组件,有利于降低供水水路、整套系统的复杂程度。其中,所述蒸汽发生器31优选为电加热蒸汽发生器,能够向第二蒸汽缓冲罐32内提供约200℃的水蒸汽。

[0042] 所述第二蒸汽缓冲罐32的出口设置反应供汽管34,所述反应供汽管34与合成反应器11连通,在第一蒸汽缓冲罐9通过循环管93向合成反应器11输送循环蒸汽量不足时、或者

合成反应器11刚启动运行时、或者第一蒸汽缓冲罐9内存在较大波动时、以及其他非常规情况下,均可以通过第二蒸汽缓冲罐32内备用的水蒸汽向合成反应器11内进行补给。优选的,所述反应供汽管34与循环管93连接,使得反应供汽管34与循环管93能够共一部分管段,相应的,反应供汽管34靠近第二蒸汽缓冲罐32的一端设置阀门Q,循环管93靠近第一蒸汽缓冲罐9的一端设置阀门R,从而通过相应的阀门能够分别调控反应供汽管34、循环管93的通断、开度大小等。

[0043] 此外,所述第二蒸汽缓冲罐32的出口设置补热管33,所述补热管33与第一蒸汽缓冲罐9连通,从而在第一蒸汽缓冲罐9内发生衰减或波动,或仅凭第一蒸汽缓冲罐9内蒸汽不满足向外界的供汽条件时,可以通过第二蒸汽缓冲罐32向第一蒸汽缓冲罐9内进行蒸汽补充,以保障供热系统能够较为平稳、持续地向外界提供过热蒸汽。

[0044] 对于相应料仓内钙基物料的出料而言,所述第一料仓6的出料口、第二料仓15的出料口均设置下料装置,分别记为第一下料装置7、第二下料装置16。所述第一下料装置7与合成反应器11连通,用于将第一料仓6中氧化钙颗粒输送至合成反应器11中,所述第二下料装置16与分解反应器1连通,用于将第二料仓15中氢氧化钙颗粒输送至分解反应器1中。

[0045] 如附图2所示,所述下料装置包括依次连接的失重称44、螺杆下料器45,所述失重称44的入料口与第一料仓6或第二料仓15的出料口连通,所述失重称44的出料口与螺杆下料器45的进料口连接,所述螺杆下料器45的出料口设置下料管,所述下料管与合成反应器11或分解反应器1连通。对于第一下料装置7、第二下料装置16结构相近,均可以采用所述下料装置的结构,并根据实际情况连接特定的料仓、反应器,不再赘述。从而通过失重称44,在根据实际需要向外提供特定量的钙基物料,然后在螺杆下料器45的带动下,能够实现钙基物料的输送。

[0046] 此外,本申请并不局限于失重称44、螺杆下料器45的下料形式,本申请提出另外几种下料形式。

[0047] 如附图3所示,所述下料装置包括螺杆下料器45,所述螺杆下料器45的入料口与第一料仓6或第二料仓15的出料口连通,所述螺杆下料器45的出料口设置下料管,所述下料管与合成反应器11或分解反应器1连通。其中,参考附图2的形式,也可以将料仓与失重称合并为一体,形成具有称量部件的料仓,如图3中的料仓形式。在下料时,通过失重称测量物料质量流量,同时控制螺杆下料器45的螺杆转速,来调节下料量。

[0048] 如附图4所示,本申请可以不单独设置下料装置,而是对整个料仓的重量变化量来反馈调节相应的下料阀门。具体的,所示第一料仓6的罐体支耳6、第二料仓15的罐体支耳6均设置称重模块47,所述称重模块47能够对料仓(含物料)的整体重量进行实时检测,所述第一料仓6、第二料仓15的下料口均设置反馈调节阀50,所述称重模块47、反馈调节阀50均通过信号线49与控制器48连接,在下料过程中,称重模块47将检测到的重量值发送给控制器48,控制器48根据重量值的减小量或单位时间内重量值的减小量,来确定下料的情况,并对反馈调节阀50的开度进行调节,例如根据实际物料需求情况,对反馈调节阀50的开度进行调大、调小,或者开启、关闭。

[0049] 为了便于理解,附图4中的方案形式,可以视为在附图1的基础上,省去了第一下料装置7、第二下料装置16,以及对相应的管线进行适应性简化,使得第一料仓6通过阀门C与第一下料管8连接,第二料仓15通过阀门H与第二下料管17连接,相应的,附图4中的反馈调

节阀50则对应附图1中阀门C、H的示意。此时,在功能上来划分,称重模块47、控制器48、反馈调节阀50的组合,可以视为能够提供精确下料调控功能的“下料组件”。

[0050] 对于氧化钙颗粒的输送而言,所述第二蒸汽缓冲罐32的出口设置第一载料汽管35,所述第一下料装置7的出口设置第一下料管8,所述合成反应器11设置第一供料管路10,所述第一载料汽管35或第一下料管8设置第一节流设备36,所述第一载料汽管35、第一下料管8分别与第一节流设备36的入口连接,所述第一节流设备36的出口与第一供料管路10连接;所述第一节流设备36优选为文丘里管,对于文丘里管的结构而言,可以直接采用现有技术,优选的,所述第一载料汽管35与第一节流设备36的端部入口连接,第一下料管8与第一节流设备36的负压入口连接。

[0051] 相应的,对于氢氧化钙颗粒的输送而言,所述第二蒸汽缓冲罐32的出口设置第二载料汽管37,所述第二下料装置16的出口设置第二下料管17,所述分解反应器1设置第二供料管路18,所述第二载料汽管37或第二下料管17设置第二节流设备38,所述第二载料汽管37、第二下料管17分别与第二节流设备38的入口连接,所述第二节流设备38的出口与第二供料管路18连接;优选的,所述第二节流设备38为文丘里管,第二载料汽管37与第二节流设备38的端部入口连接,第二下料管17与第二节流设备38的负压入口连接。

[0052] 从而通过第二蒸汽缓冲罐32设置相应的载料汽管,以及相应文丘里管的设置,使得钙基物料在料仓中被输送出来后,能够通过蒸汽气流带动,简单便捷地被输送至相应的反应器内。尤其是,蒸汽气流带动氧化钙输送至合成反应器11之后,作为载气的水蒸汽还能够继续在合成反应器11内参与反应,使得载气能够被充分利用。

[0053] 对于反应器内钙基物料的出料而言,由于本申请中主要通过蒸汽作为载气来带动钙基物料输送,所述分解反应器1的出料口、合成反应器11的出料口均设置气固分离装置,分别记为第一气固分离装置4、第二气固分离装置13。

[0054] 具体的,所述分解反应器1的出料口设置第一出料管路3,所述第一出料管路3与第一气固分离装置4的进料口连接,所述第一气固分离装置4的蒸汽出口与第一蒸汽管路5连接,所述第一气固分离装置4的钙基物料出口与第一料仓6的入口连接。优选的,所述第一气固分离装置4的钙基物料出口位于第一料仓6的入口的正上方,从而经过分离后的钙基物料能够在自身重力作用下自动落入到第一料仓6内。

[0055] 相应的,所述合成反应器11的出料口设置第二出料管路12,所述第二出料管路12与第二气固分离装置13的进料口连接,所述第二气固分离装置13的蒸汽出口与第二蒸汽管路14连接,所述第二气固分离装置13的钙基物料出口与第二料仓15的入口连接。优选的,所述第二气固分离装置13的钙基物料出口位于第二料仓15的入口的正上方。

[0056] 对于气固分离装置而言,包括第一级分离器39、第二级分离器42,所述第一级分离器39的进料口与第一出料管路3或第二出料管路12连接,所述第一级分离器39的蒸汽出口与第二级分离器42的进料口连接,所述第一级分离器39的钙基物料出口设置第一汇料管40,所述第二级分离器42的蒸汽出口与第一蒸汽管路5或第二蒸汽管路14连接,所述第二级分离器42的钙基物料出口设置第二汇料管43,所述第一汇料管40、第二汇料管43均与第一料仓6或第二料仓15连通。优选的,所述第一汇料管40、第二汇料管43可以在靠近料仓的一侧共用一段管路结构,或者说,第一汇料管40与料仓连接,第二汇料管43的出口与第一汇料管40连接;或第二汇料管43与料仓连接,第一汇料管40的出口与第二汇料管43连接。

[0057] 此外,本申请的气固分离装置并不局限于第一级分离器39、第二级分离器42的形式,也可以是由多级除尘器串联而成,所述除尘器可以是旋风分离器、布袋式分离器、金属丝网除尘器、湿电除尘器、分子筛吸附式除尘器等等。鉴于具体的除尘设备、除尘原理均可以参考现有技术,在此不做赘述。

[0058] 从而本申请通过设置两级分离器,能够较为高效地将钙基物料与蒸汽进行分离,避免钙基物料随着蒸汽进入到蒸汽管路、第一蒸汽缓冲罐9、甚至供汽管网中,不仅防止钙基物料的流失,而且有利于确保蒸汽相关管路、设备内的洁净,有利于避免管路、设备堵塞。优选的,所述第一级分离器39为旋风分离器,所述第二级分离器42为金属滤袋过滤器。

[0059] 实施例2

[0060] 本实施例在实施例1的基础上,提出一种热化学蓄热储能供热方法,所述方法包括储能供热过程、释能供热过程,其中,所述储能供热过程优选在谷电时段进行,但并不局限于谷电时段,在某些情况下,也可以和平电时段或峰电时段进行。所述释能供热过程则可以根据系统运行状况、外界供热需求、电力峰谷时段等实际情况来进行,例如峰电时段。

[0061] 其中,所述储能供热过程将第二料仓15内存储的氢氧化钙输送至分解反应器1内,通过供能装置2对氢氧化钙进行加热分解,生成的氧化钙被输送至第一料仓6中进行存储,生成的过热蒸汽被输送至第一蒸汽缓冲罐9,用于向用汽系统92供应蒸汽。

[0062] 所述释能供热过程将第一料仓6中存储的氧化钙输送至合成反应器11,并向合成反应器11内输送蒸汽,合成反应器11内氧化钙与水发生反应释放热量,并将热量以过热蒸汽的形式输送至第一蒸汽缓冲罐9,用于向用汽系统92供应蒸汽,生成的氢氧化钙被输送至第二料仓15中进行存储。

[0063] 所述热化学蓄热储能供热系统包括中央处理器,至少用于对储能供热过程、释能供热过程中的相关设备运行、阀门开度等进行调控;所述第一蒸汽缓冲罐9内设置第一压力检测器,所述第二蒸汽缓冲罐32内设置第二压力检测器,所述第一压力检测器、第二压力检测器均与中央处理器连接,用于实时获取第一蒸汽缓冲罐9、第二蒸汽缓冲罐32内的蒸汽压力。所述第一压力检测器、第二压力检测器为过热蒸汽压力仪表,均可以从市面上购置,不再赘述。

[0064] 所述储能供热过程包括:

[0065] S1、通过补水水源19向软化水罐21内供水,并对水进行软化;

[0066] 其中,软化水的操作以及相关技术,可以直接采用现有技术,不做赘述。对于水体的输送,开启第一水泵20、阀门J,即可通过补水水源19向软化水罐21内供水。

[0067] S2、将软化水罐21内的软化水输送至蒸汽发生器31,产生过热蒸汽,并将过热蒸汽送入第二蒸汽缓冲罐32内;

[0068] 其中,蒸汽发生器31能够提供约200℃、0.5MPa的过热蒸汽,相应的,开启阀门N、第三水泵30,便能够将软化水输送至蒸汽发生器31;开启阀门O使得产出的过热蒸汽能够进入第二蒸汽缓冲罐32内。

[0069] S3、通过第二压力检测器对第二蒸汽缓冲罐32内的压力P2进行实时检测;

[0070] S4、判断是否 $P2 \geq$ 第一预设压力;若是,则进行步骤S5;若否,则返回步骤S2;

[0071] 其中,第一预设压力可以视为分解反应器1的启动压力条件,也可以视为氢氧化钙颗粒的载料蒸汽压力条件。优选的,所述第一预设压力为0.4MPa。中央处理器通过实时获取

P2,并按照步骤S4进行判定,有利于实现对分解反应器1启动进行自动化、智能化的调控,以及较为精准地调节。

[0072] S5、开启第二载料汽管37、第二下料装置16,通过载料蒸汽将第二料仓15内的氢氧化钙输送至分解反应器1内;

[0073] 相应的,需要开启阀门H、T,使得载料蒸汽、氢氧化钙能够经过第二供料管路18进入分解反应器1内。

[0074] S6、启动供能装置2,将分解反应器1内的氢氧化钙分解为氧化钙和过热蒸汽;

[0075] 其中,供能装置2能够提供约610℃的高温,分解反应产出的过热蒸汽约为610℃、0.3MPaG。

[0076] S7、通过第一气固分离装置4对分解反应器1出料口送出的蒸汽、固体颗粒进行气固分离;

[0077] 其中,开启阀门A,分解反应器1进行出料,通过第一级分离器39(旋风分离器)对分解反应器1的出料进行第一级气固分离;然后对分离出的气态物料,利用第二级分离器42(金属滤袋过滤器)进行第二级气固分离,使得经过两级气固分离后的过热蒸汽的含尘量 $< 5\text{mg}/\text{m}^3$,开启阀门B,使得分离出的固体颗粒(大部分氧化钙和少部分氢氧化钙)落入到第一料仓6内。

[0078] S8、气固分离后的过热蒸汽、软化水罐21内的软化水经过换热器23进行换热,换热后的过热蒸汽进入第一蒸汽缓冲罐9。

[0079] 其中,开启阀门K,使得软化水能够通过第一水管22输送至换热器23,与610℃的过热蒸汽进行换热,换热后的过热蒸汽降温至约180℃并进入第一蒸汽缓冲罐9内,用于向用汽系统92提供蒸汽;同时,对于常温的软化水而言,经过换热后大约能够升温至83℃,然后可以通过补热器24对软化水进一步加热,使其升温至约144℃(接近饱和态),然后输送至储水罐25中进行储存,以供释能供热过程使用。

[0080] 此外,考虑到第一蒸汽缓冲罐9向外供应蒸汽的平稳性,所述储能供热过程还包括:

[0081] S9、通过第一压力检测器对第一蒸汽缓冲罐9内的压力P1进行实时检测;

[0082] S10、判断是否 $P1 <$ 第二预设压力;若是,则进行步骤S11;若否,则开启供汽管路91,向用汽系统92供应蒸汽;

[0083] 其中,第二预设压力可以视为满足向外界提供蒸汽的压力下限。优选的,所述第二预设压力为0.3MPa。中央处理器通过实时获取P1,并按照步骤S10进行判定,有利于在第一蒸汽缓冲罐9向外界提供蒸汽的过程中,进行自动化、智能化的调控,以及较为精准地调节。

[0084] S11、开启补热管33,利用第二蒸汽缓冲罐32内的过热蒸汽对第一蒸汽缓冲罐9进行蒸汽补充,并返回步骤S3。

[0085] 其中,由于第二蒸汽缓冲罐32内的压力、温度相对较高,在第一蒸汽缓冲罐9内压力不足,或外界使用蒸汽量较大时,通过第二蒸汽缓冲罐32能够及时、高效地对第一蒸汽缓冲罐9内的蒸汽进行补充,有利于维持第一蒸汽缓冲罐9向外供应蒸汽的平稳性;同时,无论是在储能供热过程中产生波动,还是外界需求蒸汽量突增的情况,均能够保证所述供热系统能够平稳、持续地向外界提供蒸汽,有利于提高供热系统的操作弹性。

[0086] 对于步骤S9-S11而言,可以在储能供热过程的步骤S8之后进行,也可以在整个储

能供热过程中实时进行,以确保第一蒸汽缓冲罐9能够向外平稳供应蒸汽为宜。

[0087] 所述释能供热过程包括:

[0088] B1、通过补水水源19向软化水罐21内供水,并对水进行软化;

[0089] B2、将软化水罐21内的软化水输送至蒸汽发生器31,产生过热蒸汽,并将过热蒸汽送入第二蒸汽缓冲罐32内;

[0090] B3、通过第二压力检测器对第二蒸汽缓冲罐32内的压力P2进行实时检测;

[0091] B4、判断是否 $P2 \geq$ 第一预设压力;若是,则进行步骤B5;若否,则返回步骤B2;

[0092] 对于步骤B1-B4而言,与步骤S1-S4的具体操作相同,不再赘述。无论是储能供热过程,还是释能供热过程,这四个步骤均属于反应器开车时的相关操作,以确保第二蒸汽缓冲罐32内具有一定的压力,为固态物料的输送、蒸汽的供给、第一蒸汽缓冲罐9随时可能需要的蒸汽补给等生产需求进行提前准备,以保障储能供热过程、释能供热过程的平稳开车、平稳运行。

[0093] B5、开启第一载料汽管35、第一下料装置7,通过载料蒸汽将第一料仓6内的氧化钙输送至合成反应器11内;同时,开启反应供汽管34和/或循环管93,通过第二蒸汽缓冲罐32和/或第一蒸汽缓冲罐9向合成反应器11内提供足量的蒸汽,作为反应物,以维持合成反应的进行;

[0094] 相应的,需要开启阀门C、S,使得载料蒸汽、氧化钙能够经过第一供料管路10进入合成反应器11内。同时,若整套供热系统处于开车阶段,尚未运行平稳,或者第一蒸汽缓冲罐9内蒸汽不足时,步骤B5可以仅仅开启阀门Q,通过反应供汽管34,将第二蒸汽缓冲罐32的蒸汽输送至合成反应器11内;若第一蒸汽缓冲罐9内蒸汽充足,步骤B5可以仅仅开启阀门R,通过循环管93,将第一蒸汽缓冲罐9的蒸汽输送至合成反应器11内,当然,此时也可以同时开启并调节阀门R、Q的开度,通过同时调节第一蒸汽缓冲罐9、第二蒸汽缓冲罐32所能够供应的蒸汽量,以避免第一蒸汽缓冲罐9内蒸汽量发生较大波动。

[0095] 在本实施例中,若将步骤B5视为系统刚开车状态,则优选为仅开启反应供汽管34,此时循环管93为关闭状态。

[0096] B6、合成反应器11内氧化钙与部分水蒸汽反应并放出大量热量,将储水罐25中的水输送至换热设备27,对合成反应器11中反应产生的热量进行吸收,产生蒸汽A;通过第二气固分离装置13对合成反应器11出料口送出的蒸汽B、固体颗粒进行气固分离;蒸汽A、B均被输送至第一蒸汽缓冲罐9内。

[0097] 其中,在步骤B6中,储水罐25中的水,优选为储能供热过程中步骤S8在储水罐25中储存的接近饱和态的水。通过开启阀门M,启动第二水泵26,便可以将储水罐25中的水输送至换热设备27,经过换热后,生成约0.3~0.35MPaG、180℃的过热蒸汽,为了便于介绍,记为蒸汽A。

[0098] 在步骤B5中向合成反应器11内输送足量的蒸汽,一部分参与反应,一部分作为载料气流,随着合成反应器11内反应的进行,载料蒸汽也会吸热升温,在对合成反应器11出料时,开启阀门E,合成反应器11进行出料,通过第一级分离器39(旋风分离器)对合成反应器11的出料进行第一级气固分离;然后对分离出的气态物料,利用第二级分离器42(金属滤袋过滤器)进行第二级气固分离,使得经过两级气固分离后的过热蒸汽的含尘量 $<5\text{mg}/\text{m}^3$,开启阀门G,使得分离出的固体颗粒(大部分氢氧化钙和少部分氧化钙)落入到第二料仓15内。

相应的,相对于蒸汽A而言,对于第二气固分离装置13分离出的蒸汽,压力较低(低于0.3MPaG)、产量较少,记为蒸汽B。

[0099] 在本申请中,蒸汽A、蒸汽B一同进入蒸汽引射器28中,进行混合完全后,送入第一蒸汽缓冲罐9内,用于向用汽系统92提供蒸汽。

[0100] 此外,对第一蒸汽缓冲罐9向外界供应蒸汽、第一蒸汽缓冲罐9通过循环管93提供蒸汽进行综合考虑,所述释能供热过程还包括:

[0101] B7、通过第一压力检测器对第一蒸汽缓冲罐9内的压力P1进行实时检测;

[0102] B8、判断是否 $P1 <$ 第二预设压力;若是,则进行步骤B9;若否,则进行步骤B10;

[0103] 其中,第二预设压力可以视为满足向外界提供蒸汽的压力下限。优选的,所述第二预设压力为0.3MPa。

[0104] B9、开启补热管33,利用第二蒸汽缓冲罐32内的过热蒸汽对第一蒸汽缓冲罐9进行蒸汽补充,并返回步骤B3;

[0105] 由于第二蒸汽缓冲罐32内的压力、温度相对较高,在第一蒸汽缓冲罐9内压力不足,或外界使用蒸汽量较大时,通过第二蒸汽缓冲罐32能够及时、高效地对第一蒸汽缓冲罐9内的蒸汽进行补充,有利于维持第一蒸汽缓冲罐9向外供应蒸汽的平稳性;同时,无论是在释能供热过程中产生波动,还是外界需求蒸汽量突增的情况,均能够保证所述供热系统能够平稳、持续地向外界提供蒸汽,有利于提高供热系统的操作弹性。

[0106] B10、开启供汽管路91,向用汽系统92供应蒸汽;

[0107] 其中,通过调节阀门I,将第一蒸汽缓冲罐9的蒸汽通过供汽管路91,向用汽系统92供应。

[0108] B11、判断是否 $P1 \geq$ 第三预设压力;若是,则进行步骤B12;若否,则返回步骤B8;

[0109] B12、循环管93开启、反应供汽管34关闭。

[0110] 其中,第三预设压力可以视为满足第一蒸汽缓冲罐9单独向合成反应器11提供循环蒸汽(供料)的压力下限。优选的,第三预设压力为0.34MPa。中央处理器通过实时获取P1,并按照步骤B11进行判定,在P1小于第三预设压力时,说明第一蒸汽缓冲罐9中蒸汽尚未达到独立循环供料的条件,尤其是在系统开车阶段,仍需要第二蒸汽缓冲罐32通过反应供汽管34向合成反应器11提供一定量的蒸汽,若 $P1 \geq$ 第三预设压力时,说明第一蒸汽缓冲罐9中蒸汽压力足够,并能够达到独立循环供料的条件,此时,循环管93开启、反应供汽管34关闭即可。

[0111] 从而在释能供热过程中,通过步骤B7-B12,无论是在释能供热过程中产生波动,还是外界需求蒸汽量突增的情况,均能够保证所述供热系统能够平稳、持续地向外界提供蒸汽,有利于提高供热系统的操作弹性。此外,通过第三预设压力的设置,对第一蒸汽缓冲罐9能否为合成反应器11进行独立循环供料进行判定,一方面有利于保障向合成反应器11内输送的水蒸汽供应量,使得合成反应器11内进行较为充分的反应,有利于充分释放储存的化学能,提高系统在释能供热过程中化学能向热能转化的效率,另一方面在满足 $P1 \geq$ 第三预设压力后,可以及时关闭反应供汽管34,减少对第二蒸汽缓冲罐32中蒸汽的使用,相应的,有利于降低蒸汽发生器31的负荷,以尽量减少在峰电时段下额外的电力使用。

[0112] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,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。

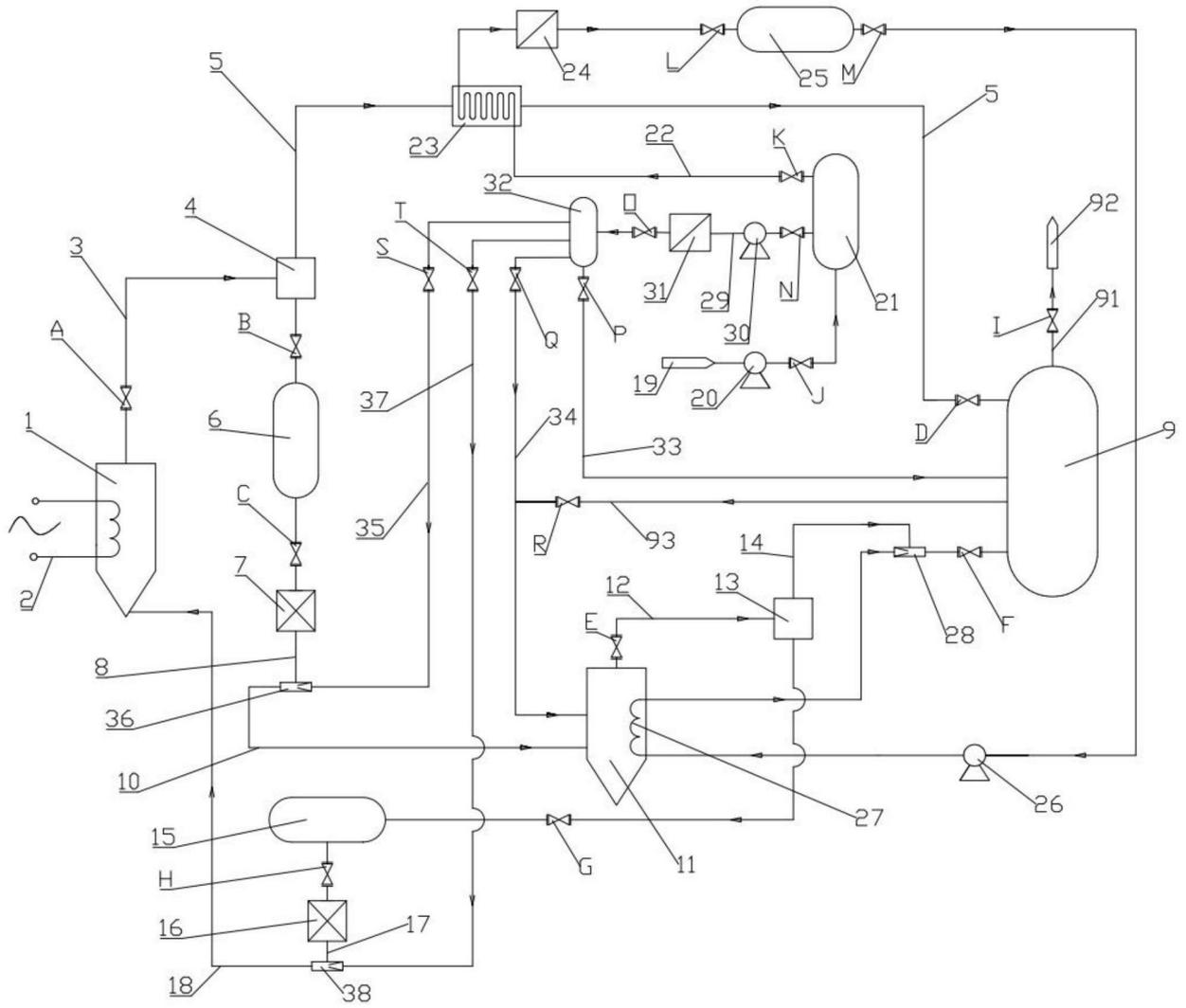


图1

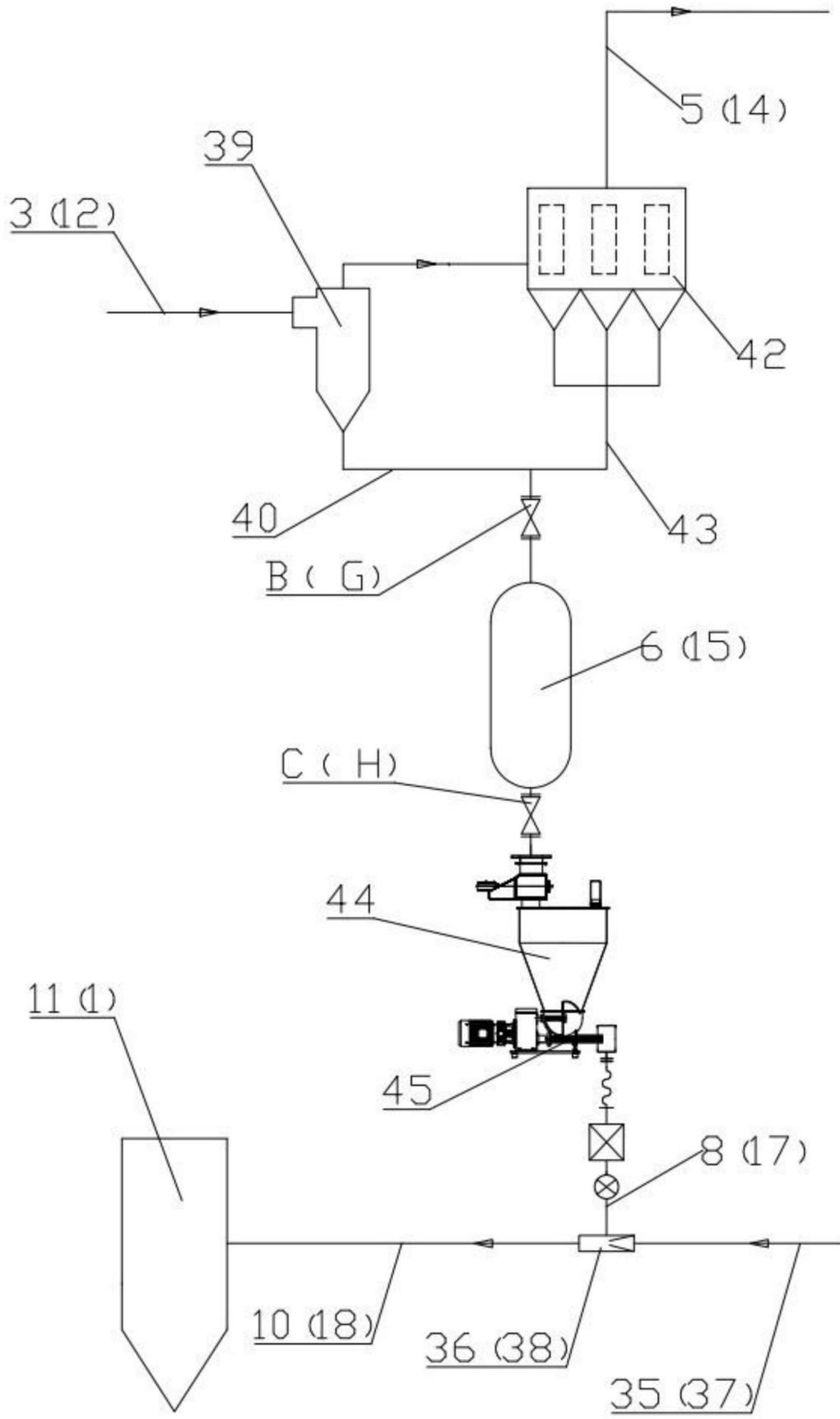


图2

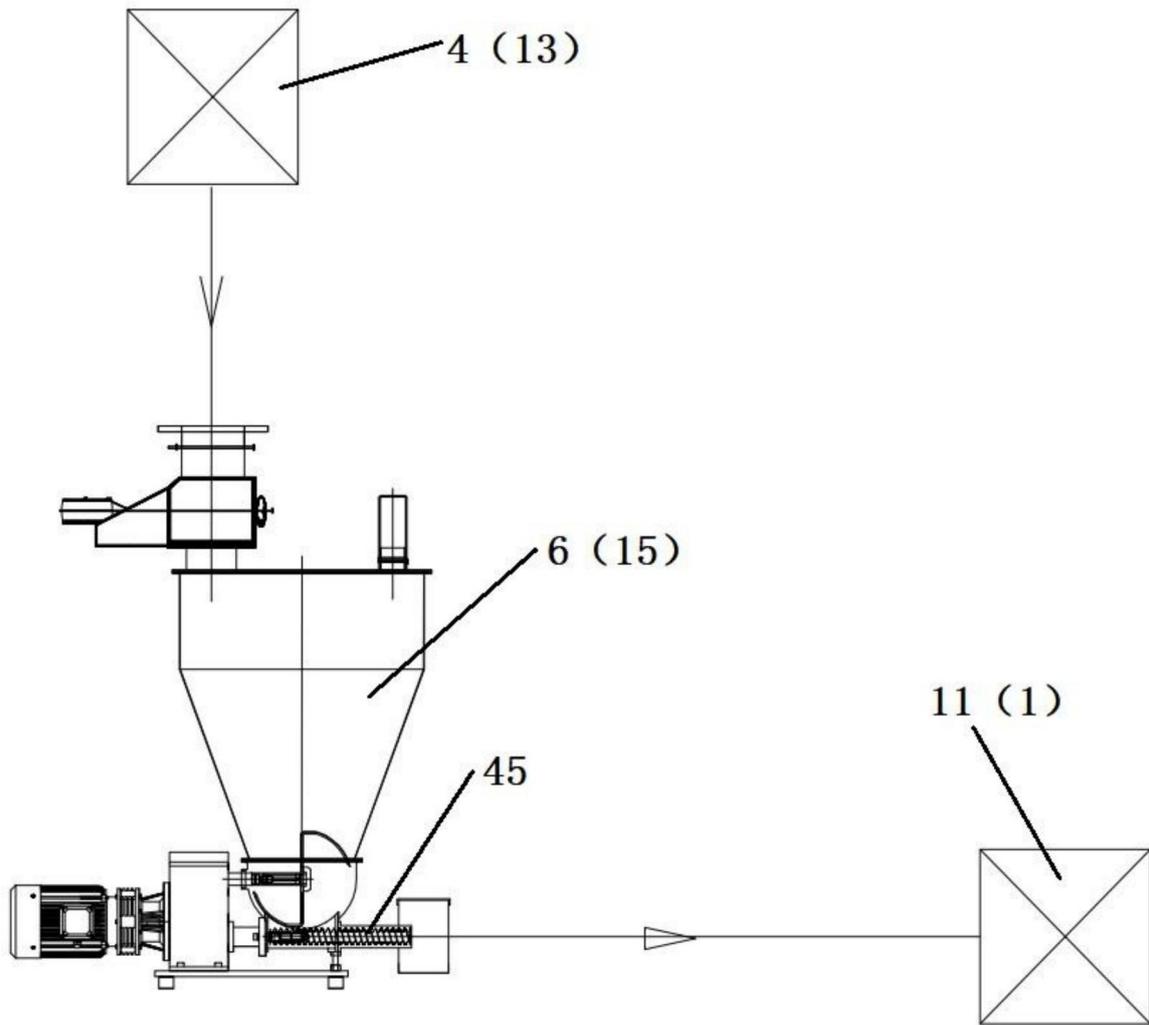


图3

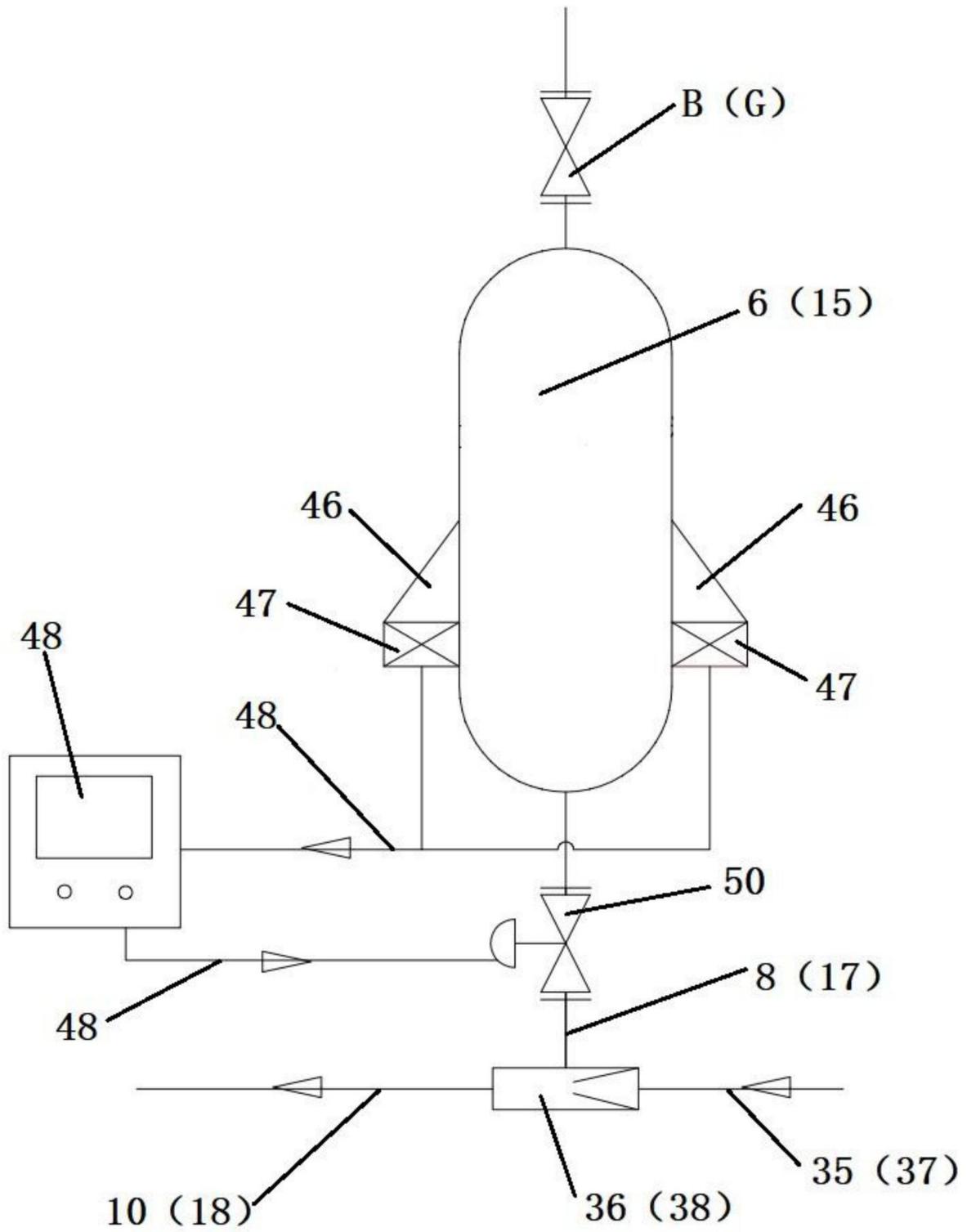


图4