



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106940147 A

(43)申请公布日 2017. 07. 11

(21)申请号 201611258169.2

(22)申请日 2016.12.30

(71)申请人 中广核太阳能开发有限公司
地址 100048 北京市海淀区西三环北路100号金玉大厦21层

申请人 中国广核集团有限公司
中广核太阳能德令哈有限公司

(72)发明人 车晟 傅振彪 张继

(74)专利代理机构 北京市盛峰律师事务所
11337

代理人 席小东

(51) Int. Cl.
F28D 20/00(2006.01)

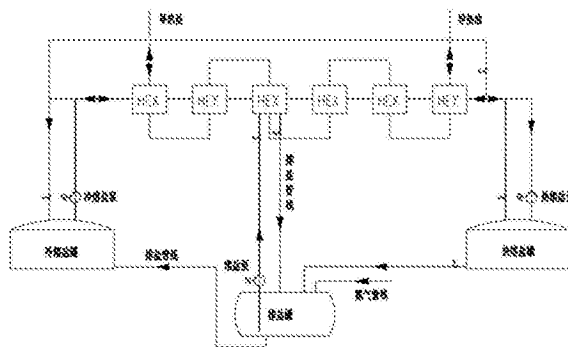
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

双罐熔盐储热快速启动系统以及快速启动方法

(57)摘要

本发明提供一种双罐熔盐储热快速启动系统以及快速启动方法,快速启动系统包括n个串联的油盐换热器,每个油盐换热器与排盐罐之间布置排盐管线和输盐管线;排盐罐与所述热熔盐罐之间布置有热熔盐输送管线。本发明提供的双罐熔盐储热快速启动系统以及快速启动方法具有以下优点:利用原有排盐系统,以排盐罐为容器,热盐罐的热熔盐为热源,独立建立每个油盐换热器与排盐罐之间的熔盐循环,将对应油盐换热器内熔盐温度提升至运行工况下所需的温度,从而可有效提高双罐熔盐储热系统启动速度,简化系统启动操作流程。还能有效利用熔盐的热量维持排盐罐温度,降低排盐系统电伴热耗能,提高排盐系统在运行阶段的利用率。



CN 106940147 A

1. 一种双罐熔盐储热快速启动系统,包括n个串联的油盐换热器,将n个串联的油盐换热器依次记为油盐换热器1、油盐换热器2...油盐换热器n;其中,油盐换热器1的冷熔盐进口与冷熔盐罐连通;油盐换热器n的热熔盐出口与热熔盐罐连通;其特征在于,还包括排盐罐和总控制器;所述排盐罐与油盐换热器1之间布置第1排盐管线和第1输盐管线;所述排盐罐与油盐换热器2之间布置第2排盐管线和第2输盐管线;依此类推,所述排盐罐与油盐换热器n之间布置第n排盐管线和第n输盐管线;并且,所述第1排盐管线安装有第1-1阀门;所述第1输盐管线安装有第1-2阀门;所述第2排盐管线安装有第2-1阀门;所述第2输盐管线安装有第2-2阀门;依此类推,所述第n排盐管线安装有第n-1阀门;所述第n输盐管线安装有第n-2阀门;所述排盐罐与所述热熔盐罐之间布置有热熔盐输送管线,所述热熔盐输送管线安装有热熔盐阀门;所述油盐换热器1、所述油盐换热器2...所述油盐换热器n的熔盐侧分别布置有第1温度传感器、第2温度传感器...第n温度传感器;

所述总控制器分别与第1-1阀门至第n-1阀门、第1-2阀门至第n-2阀门、热熔盐阀门、第1温度传感器至第n温度传感器连接。

2. 一种根据权利要求1所述的一种双罐熔盐储热快速启动系统的快速启动方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S1,总控制器根据运行工况需求以及串联的油盐换热器的数量,分别计算出每个油盐换热器正常工况下的热熔盐出口温度值,将n个串联的油盐换热器的正常热熔盐出口温度依次记为 T_1 、 T_2 ... T_n ;其中, $T_1 < T_2 < \dots < T_n$;

总控制器预设置调节温度值 ΔT ;将 T_1 、 T_2 ... T_n 分别减去 ΔT ,由此得到预热热熔盐出口温度值,依次记为 t_1 、 t_2 ... t_n ;

步骤S2,排盐罐与油盐换热器1建立独立盐循环回路,使油盐换热器1内熔盐温度升高到 t_1 值;

具体方法为:总控制器仅打开热熔盐阀门、第1-1阀门和第1-2阀门;排盐罐原储存冷熔盐;热熔盐罐向排盐罐输入设计量的热熔盐,油盐换热器1内的冷熔盐通过第1排盐管线逐步排入排盐罐,与排盐罐内的熔盐进行混合;然后,启动排盐罐上的熔盐泵,熔盐泵将排盐罐内的混合后的熔盐通过第1输盐管线输送回油盐换热器1,通过对热熔盐阀门、第1-1阀门和第1-2阀门开度的调节,最终使油盐换热器1内熔盐温度升高到 t_1 值;在此过程中,排盐罐所储存的熔盐温度相比初始状态升高;通过油盐换热器1传热,同步完成了油盐换热器1的导热油侧的预热升温;

步骤S3,排盐罐再继续与油盐换热器2建立独立盐循环回路,使油盐换热器2内熔盐温度升高到 t_2 值;在此过程中,排盐罐所储存的熔盐温度进一步升高;通过油盐换热器2传热,同步完成了油盐换热器2的导热油侧的预热升温;

步骤S4,依此类推,直到排盐罐再继续与油盐换热器n建立独立盐循环回路,使油盐换热器n内熔盐温度升高到 t_n 值;在此过程中,排盐罐所储存的熔盐温度进一步升高;通过油盐换热器n传热,同步完成了油盐换热器n的导热油侧的预热升温。

3. 根据权利要求2所述的双罐熔盐储热快速启动系统的快速启动方法,其特征在于,步骤S1中,当串联的油盐换热器的数量为n时,由于冷熔盐罐储存的冷熔盐的温度为 286°C ,热熔盐罐储存的热熔盐的温度为 386°C ,总温度差为 100°C ,因此,每个油盐换热器正常运行工况下的温度差为 $100/n$;因此, $T_1 = 286^\circ\text{C} + 100/n$; $T_2 = 286^\circ\text{C} + (100/n) * 2$,依此类推, $T_n =$

$286^{\circ}\text{C} + (100/n) * n = 386^{\circ}\text{C}$ 。

4. 根据权利要求2所述的双罐熔盐储热快速启动系统的快速启动方法,其特征在于,步骤S1中, $\Delta T = 5 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

双罐熔盐储热快速启动系统以及快速启动方法

技术领域

[0001] 本发明属于熔盐储热技术领域,具体涉及一种双罐熔盐储热快速启动系统以及快速启动方法。

背景技术

[0002] 常规双罐熔盐储热系统主要由冷熔盐罐、热熔盐罐、油盐换热器、冷熔盐泵、热熔盐泵、排盐罐等设备组成,图1为常规双罐储热系统的结构示意图,在图1中,HEX为油盐换热器,每台油盐换热器均有至排盐罐的排盐管线,发明人对图1进行了简化处理,以其中1台油盐换热器的排盐管线作为代表示意。目前,排盐罐只作为事故状态下油盐换热器及熔盐管线排盐使用。氮气管线用于将排盐罐内剩余的熔盐排入冷熔盐罐。

[0003] 常规双罐熔盐储热系统,在每日运行过程中,需要根据太阳辐射和系统运行情况多次起停,特别是在储热系统长时间停运后需要启动前,油盐换热器内温度低于正常运行工况,需要进行预热,从而满足油盐换热器温升限制。

[0004] 例如,以三台盐换热器串联组成油盐换热系统为例,将串联的三台油盐换热器依次记为油盐换热器A、油盐换热器B和油盐换热器C。在正常储热运行工况下,冷熔盐罐内储存286℃冷熔盐;286℃冷熔盐输入到油盐换热器A冷熔盐进口,在油盐换热器A中,冷熔盐与从油盐换热器B输送的导热油进行换热,冷熔盐温度升高到设计温度,如319℃;然后,油盐换热器A将319℃熔盐输送到油盐换热器B,在油盐换热器B中,319℃熔盐与从油盐换热器A输送的导热油进行换热,319℃熔盐温度升高到设计温度,如352℃;然后,油盐换热器B将352℃熔盐输送到油盐换热器C,在油盐换热器C中,352℃熔盐与从导热油进行换热,352℃熔盐温度升高到设计温度,如386℃,最后,386℃熔盐输送到热熔盐罐。可见,在正常工况下,油盐换热器A、油盐换热器B和油盐换热器C均大约具有33℃的温升,从而将286℃冷熔盐加热为386℃熔盐。此处需强调的是,每个油盐换热器均具有温升限制。正常放热工况与正常储热运行工况相反,原理基本一致,在此不再赘述。

[0005] 而在储热系统长时间停运后需要启动前,油盐换热器A、油盐换热器B和油盐换热器C的出口熔盐温度均低于正常运行工况,例如,对于油盐换热器C,其出口熔盐温度可降低到286℃;此时,如果按正常工况向油盐换热器C注入大量高温导热油,会导致油盐换热器C所承受的温差达到100℃,远大于设计温差,因此,需要进行预热,从而满足每台油盐换热器温升限制。

[0006] 具体的,预热过程为:

[0007] 储热工况启动时,冷熔盐泵启动,冷熔盐开始小流量循环,通过旁路回到冷熔盐罐。遵循等比例热平衡调节的原则,并考虑油盐换热器和冷熔盐罐升温限制,热导热油从小流量逐渐增大,直至熔盐温度升高至386℃,熔盐与导热油系统进出口温度、流量匹配,储热系统启动预热完成,可以开始进行储热。

[0008] 放热工况启动时,热熔盐泵启动,热熔盐小流量从热熔盐罐流向冷熔盐罐,冷导热油从冷端流向热端。遵循等比例热平衡调节的原则,同时考虑尽量保持油盐换热器温度梯

度和油盐换热器升温限制,热熔盐流量和冷导热油流量均从小流量逐渐增大,直至导热油温度升高至380℃,熔盐与导热油系统进出口温度、流量匹配,储热系统启动预热完成,可以开始进行放热。

[0009] 由此可见,在储热和放热模式的启动预热过程中,需要精确控制导热油和熔融盐的温度和流量,以达到系统能量平衡并满足油盐换热器温升限制,操作运行过程复杂、耗时较长,对运行人员经验要求较高。

发明内容

[0010] 针对现有技术存在的缺陷,本发明提供一种双罐熔盐储热快速启动系统以及快速启动方法,可有效解决上述问题。

[0011] 本发明采用的技术方案如下:

[0012] 本发明提供一种双罐熔盐储热快速启动系统,包括n个串联的油盐换热器,将n个串联的油盐换热器依次记为油盐换热器1、油盐换热器2...油盐换热器n;其中,油盐换热器1的冷熔盐进口与冷熔盐罐连通;油盐换热器n的热熔盐出口与热熔盐罐连通;还包括排盐罐和总控制器;所述排盐罐与油盐换热器1之间布置第1排盐管线和第1输盐管线;所述排盐罐与油盐换热器2之间布置第2排盐管线和第2输盐管线;依此类推,所述排盐罐与油盐换热器n之间布置第n排盐管线和第n输盐管线;并且,所述第1排盐管线安装有第1-1阀门;所述第1输盐管线安装有第1-2阀门;所述第2排盐管线安装有第2-1阀门;所述第2输盐管线安装有第2-2阀门;依此类推,所述第n排盐管线安装有第n-1阀门;所述第n输盐管线安装有第n-2阀门;所述排盐罐与所述热熔盐罐之间布置有热熔盐输送管线,所述热熔盐输送管线安装有热熔盐阀门;所述油盐换热器1、所述油盐换热器2...所述油盐换热器n的熔盐侧分别布置有第1温度传感器、第2温度传感器...第n温度传感器;

[0013] 所述总控制器分别与第1-1阀门至第n-1阀门、第1-2阀门至第n-2阀门、热熔盐阀门、第1温度传感器至第n温度传感器连接。

[0014] 本发明还提供一种根据上述的一种双罐熔盐储热快速启动系统的快速启动方法,包括以下步骤:

[0015] 步骤S1,总控制器根据运行工况需求以及串联的油盐换热器的数量,分别计算出每个油盐换热器正常工况下的热熔盐出口温度值,将n个串联的油盐换热器的正常热熔盐出口温度依次记为 T_1 、 T_2 ... T_n ;其中, $T_1 < T_2 < \dots < T_n$;

[0016] 总控制器预设置调节温度值 ΔT ;将 T_1 、 T_2 ... T_n 分别减去 ΔT ,由此得到预热热熔盐出口温度值,依次记为 t_1 、 t_2 ... t_n ;

[0017] 步骤S2,排盐罐与油盐换热器1建立独立盐循环回路,使油盐换热器1内熔盐温度升高到 t_1 值;

[0018] 具体方法为:总控制器仅打开热熔盐阀门、第1-1阀门和第1-2阀门;排盐罐原储存冷熔盐;热熔盐罐向排盐罐输入设计量的热熔盐,油盐换热器1内的冷熔盐通过第1排盐管线逐步排入排盐罐,与排盐罐内的熔盐进行混合;然后,启动排盐罐上的熔盐泵,熔盐泵将排盐罐内的混合后的熔盐通过第1输盐管线输送回油盐换热器1,通过对热熔盐阀门、第1-1阀门和第1-2阀门开度的调节,最终使油盐换热器1内熔盐温度升高到 t_1 值;在此过程中,排盐罐所储存的熔盐温度相比初始状态升高;通过油盐换热器1传热,同步完成了油盐换热器

1的导热油侧的预热升温；

[0019] 步骤S3,排盐罐再继续与油盐换热器2建立独立盐循环回路,使油盐换热器2内熔盐温度升高到 t_2 值;在此过程中,排盐罐所储存的熔盐温度进一步升高;通过油盐换热器2传热,同步完成了油盐换热器2的导热油侧的预热升温;

[0020] 步骤S4,依此类推,直到排盐罐再继续与油盐换热器n建立独立盐循环回路,使油盐换热器n内熔盐温度升高到 t_n 值;在此过程中,排盐罐所储存的熔盐温度进一步升高;通过油盐换热器n传热,同步完成了油盐换热器n的导热油侧的预热升温。

[0021] 优选的,步骤S1中,当串联的油盐换热器的数量为n时,由于冷熔盐罐储存的冷熔盐的温度为 286°C ,热熔盐罐储存的热熔盐的温度为 386°C ,总温度差为 100°C ,因此,每个油盐换热器正常运行工况下的温度差为 $100/n$;因此, $T_1 = 286^{\circ}\text{C} + 100/n$; $T_2 = 286^{\circ}\text{C} + (100/n) * 2$,依此类推, $T_n = 286^{\circ}\text{C} + (100/n) * n = 386^{\circ}\text{C}$ 。

[0022] 优选的,步骤S1中, $\Delta T = 5 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

[0023] 本发明提供的双罐熔盐储热快速启动系统以及快速启动方法具有以下优点:

[0024] (1) 可有效提高双罐熔盐储热系统启动速度,简化系统启动操作流程。

[0025] (2) 能有效利用熔盐的热量维持排盐罐温度,降低排盐系统电伴热耗能,提高排盐系统在运行阶段的利用率。

附图说明

[0026] 图1为现有技术提供的常规双罐储热系统的结构示意图;

[0027] 图2为本发明提供的双罐熔盐储热快速启动系统的结构示意图。

具体实施方式

[0028] 为了使本发明所解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0029] 常规熔盐储热系统启动时,需要同时控制导热油和熔融盐两种介质的温度和流量,并考虑油盐换热器温升限制,操作过程复杂,系统启动时间长,对操作人员经验和熟练程度要求很高。使用本发明改进后的设计,只需要对熔盐侧温度、流量进行控制,使每个油盐换热器内熔盐温度接近正常工况温度;然后,在熔盐储热系统温度建立后,直接引入导热油即可。因此,运行操作大大简化,可有效缩短运行时间,运行操作人员容易掌握。排盐系统在系统运行阶段多次充排熔盐,能有效利用熔盐的热量维持排盐罐温度,降低排盐系统电伴热耗能,提高排盐系统在运行阶段的利用率。

[0030] 因此,本发明提供了一种双罐熔盐储热快速启动系统以及快速启动方法,可有效提高双罐熔盐储热系统启动速度,简化系统启动操作流程。具体的,常规的双罐熔盐储热系统中,排盐系统只作为事故状态下油盐换热器及熔盐管线排盐使用,通过本发明改进后,可进行熔盐系统预热。利用原有排盐系统,再通过额外增加一些管线,以排盐罐为容器,热熔盐的热熔盐为热源,独立建立每个油盐换热器与排盐罐之间的熔盐循环,将对应油盐换热器内熔盐温度提升至运行工况下所需的温度。

[0031] 本发明提供的双罐熔盐储热快速启动系统,包括n个串联的油盐换热器,将n个串

联的油盐换热器依次记为油盐换热器1、油盐换热器2…油盐换热器n；其中，油盐换热器1的冷熔盐进口与冷熔盐罐连通；油盐换热器n的热熔盐出口与热熔盐罐连通；还包括排盐罐和总控制器；所述排盐罐与油盐换热器1之间布置第1排盐管线和第1输盐管线；所述排盐罐与油盐换热器2之间布置第2排盐管线和第2输盐管线；依此类推，所述排盐罐与油盐换热器n之间布置第n排盐管线和第n输盐管线；并且，所述第1排盐管线安装有第1-1阀门；所述第1输盐管线安装有第1-2阀门；所述第2排盐管线安装有第2-1阀门；所述第2输盐管线安装有第2-2阀门；依此类推，所述第n排盐管线安装有第n-1阀门；所述第n输盐管线安装有第n-2阀门；所述排盐罐与所述热熔盐罐之间布置有热熔盐输送管线，所述热熔盐输送管线安装有热熔盐阀门；所述油盐换热器1、所述油盐换热器2…所述油盐换热器n的熔盐侧分别布置有第1温度传感器、第2温度传感器…第n温度传感器；

[0032] 所述总控制器分别与第1-1阀门至第n-1阀门、第1-2阀门至第n-2阀门、热熔盐阀门、第1温度传感器至第n温度传感器连接。

[0033] 图2为本发明提供的双罐熔盐储热快速启动系统的结构示意图，在图2中，HEX为油盐换热器，共有6个串联的油盐换热器；每台油盐换热器均有至排盐罐的排盐管线和输盐管线，图2对流程图做了简化处理，通过其中1台油盐换热器的排盐管线和输盐管线为例进行示意。

[0034] 本发明提供的应用上述双罐熔盐储热快速启动系统的快速启动方法，包括以下步骤：

[0035] 步骤S1，总控制器根据运行工况需求以及串联的油盐换热器的数量，分别计算出每个油盐换热器正常工况下的热熔盐出口温度值，将n个串联的油盐换热器的正常热熔盐出口温度依次记为 T_1 、 T_2 … T_n ；其中， $T_1 < T_2 < \dots < T_n$ ；

[0036] 总控制器预设置调节温度值 ΔT ；将 T_1 、 T_2 … T_n 分别减去 ΔT ，由此得到预热热熔盐出口温度值，依次记为 t_1 、 t_2 … t_n ；

[0037] 步骤S2，排盐罐与油盐换热器1建立独立盐循环回路，使油盐换热器1内熔盐温度升高到 t_1 值；

[0038] 具体方法为：总控制器仅打开热熔盐阀门、第1-1阀门和第1-2阀门；排盐罐原储存冷熔盐；热熔盐罐向排盐罐输入设计量的热熔盐，油盐换热器1内的冷熔盐通过第1排盐管线逐步排入排盐罐，与排盐罐内的熔盐进行混合；然后，启动排盐罐上的熔盐泵，熔盐泵将排盐罐内的混合后的熔盐通过第1输盐管线输送回油盐换热器1，通过对热熔盐阀门、第1-1阀门和第1-2阀门开度的调节，最终使油盐换热器1内熔盐温度升高到 t_1 值；在此过程中，排盐罐所储存的熔盐温度相比初始状态升高；通过油盐换热器1传热，同步完成了油盐换热器1的导热油侧的预热升温；

[0039] 步骤S3，排盐罐再继续与油盐换热器2建立独立盐循环回路，使油盐换热器2内熔盐温度升高到 t_2 值；在此过程中，排盐罐所储存的熔盐温度进一步升高；通过油盐换热器2传热，同步完成了油盐换热器2的导热油侧的预热升温；

[0040] 步骤S4，依此类推，直到排盐罐再继续与油盐换热器n建立独立盐循环回路，使油盐换热器n内熔盐温度升高到 t_n 值；在此过程中，排盐罐所储存的熔盐温度进一步升高；通过油盐换热器n传热，同步完成了油盐换热器n的导热油侧的预热升温。

[0041] 由此可见，本发明主要思路为：从热盐罐向排盐罐注入部分386℃热熔盐，首先将

熔盐出口设计温度最低的油盐换热器内熔盐逐步排入排盐罐,启动排盐罐上的熔盐泵,通过排盐罐与这台油盐换热器建立独立盐循环,将这台油盐换热器的熔盐温度升高至接近对应工况下额定温度。随后按照熔盐出口设计温度由低到高的顺序,依次进行其余油盐换热器熔盐预热升温。排盐罐最终剩余的熔盐通过氮气排至冷盐罐。熔盐侧预热升温的过程中,通过油盐换热器传热,同步完成了导热油侧预热升温。油盐换热器温度建立完成后,热导热油或冷导热油均可直接注入油盐换热系统,完成储热或放热工况的启动。

[0042] 以三台盐换热器串联组成油盐换热系统为例,将串联的三台油盐换热器依次记为油盐换热器A、油盐换热器B和油盐换热器C,进行本发明预热原理:

[0043] 在正常运行工况下,油盐换热器A进出口熔盐温度分别为 286°C 和 319°C ;油盐换热器B进出口熔盐温度分别为 319°C 和 352°C ;油盐换热器C进出口熔盐温度分别为 352°C 和 386°C 。即,三台油盐换热器的正常热熔盐出口温度依次为 $T_1=319^{\circ}\text{C}$ 、 $T_2=352^{\circ}\text{C}$ 、 $T_3=386^{\circ}\text{C}$

[0044] 在本例中,假设 $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$,因此, $t_1=309^{\circ}\text{C}$ 、 $t_2=342^{\circ}\text{C}$ 、 $t_3=376^{\circ}\text{C}$ 。

[0045] 因此,首先排盐罐与油盐换热器1建立独立盐循环回路,使油盐换热器1内熔盐温度升高到 309°C 。然后,排盐罐与油盐换热器2建立独立盐循环回路,使油盐换热器2内熔盐温度升高到 342°C 。最后,排盐罐与油盐换热器3建立独立盐循环回路,使油盐换热器3内熔盐温度升高到 376°C 。至此系统预热过程结束。

[0046] 然后,以储热过程为例,由于通过预热,油盐换热器A、油盐换热器B和油盐换热器C内的熔盐温度均非常接近正常运行工况时的温度值,因此,油盐换热器C可按正常工况注入高温导热油,由于油盐换热器C内的熔盐温度已达到 376°C ,因此,油盐换热器C所承受的温差很小,在设计温差以内。同样的,油盐换热器B和油盐换热器A所承受的温差也很小,均在设计温差以内。

[0047] 本发明提供的双罐熔盐储热快速启动系统以及快速启动方法具有以下优点:

[0048] (1) 将储热系统启动预热过程中复杂的导热油、熔融盐双侧调节控制,简化为熔盐侧单侧调节控制,即:只需要使油盐换热器的熔盐温度预热到接近正常工况温度即可。

[0049] (2) 熔盐侧预热升温的过程中,通过油盐换热器传热,同步完成了导热油侧预热升温。油盐换热器温度建立完成后,热导热油或冷导热油均可直接注入油盐换热系统,完成储热或放热工况的启动,便于运维人员操作。

[0050] (3) 根据系统运行需要,能提前进行油盐换热器盐侧预热,可有效缩短双罐熔盐储热系统启动时油盐换热器温度梯度建立时间,有利于储热系统在不同工况下快速具备储热和放热温度梯度条件,相应提高储热系统能量利用效率。

[0051] (4) 排盐罐在系统运行过程中使用率较低,且需要电伴热维持设备及管线温度。采用本发明方案,储热系统每日多次启动预热,能有效利用熔盐循环维持排盐罐温度,降低排盐系统电伴热耗能,提高排盐系统在运行阶段的利用率。

[0052] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

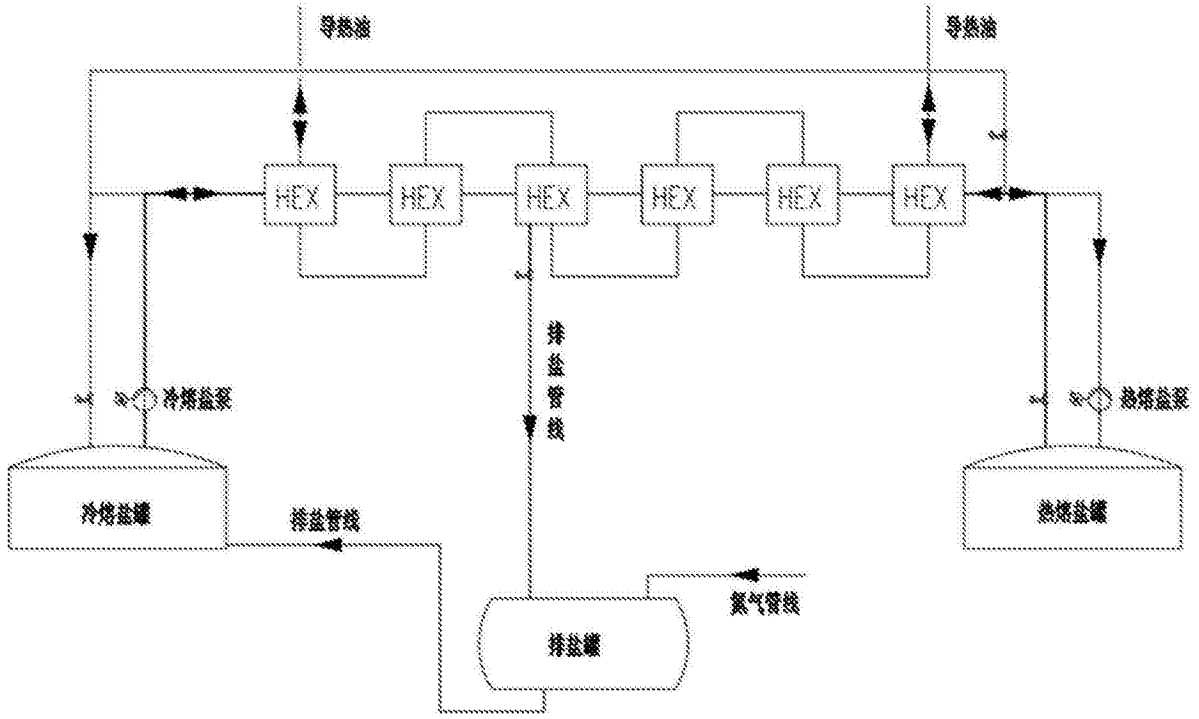


图1

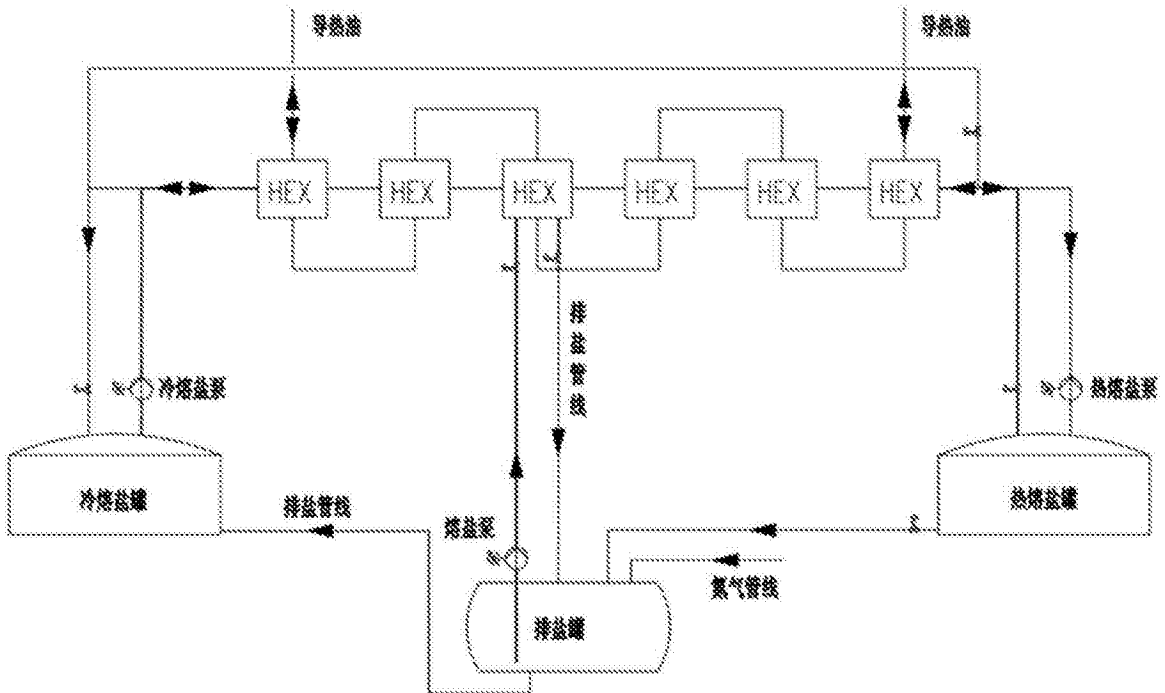


图2