



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103953915 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 30

(21) 申请号 201410210176. X

(22) 申请日 2014. 05. 19

(71) 申请人 章礼道

地址 253024 山东省德州市德城区华兴路  
10号华能德州发电厂生活区3号楼101  
室

(72) 发明人 章礼道

(51) Int. Cl.

F22D 11/00(2006. 01)

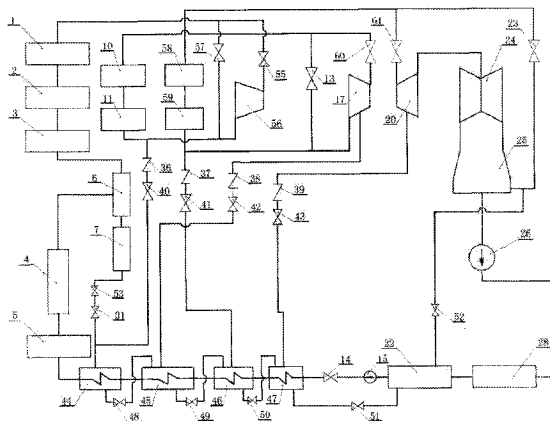
权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法

(57) 摘要

本发明高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法涉及一种电站超临界二次再热锅炉使用的无启动炉水循环泵而可以全面回收启动疏水工质和热量的方法。本发明在电站超临界二次再热锅炉启动期间将汽轮机侧的4台串联的高压加热器用作水水热交换器,在壳侧,对二次再热锅炉启动疏水梯次减温减压,高焓值启动疏水梯次放出热量后进入除氧器;在管侧,较低焓值的给水泵出口高压给水梯次吸收热量后进入省煤器。特殊设计的机组DCS对高压加热器的双套控制逻辑保证了各高压加热器均能安全、经济地完成二次再热锅炉启动全过程和回热系统工作模式。各种启动工况,启动全过程均可以全面回收工质和热量,回收效果优于有启动炉水循环泵的直流炉启动系统。无启动炉水循环泵及其子系统,大幅度降低基建投资和运行维护费用且无铁污染。



1. 一种高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法,其特征在于:本发明包括汽水分离器(6)、汽水分离器贮水箱(7)、贮水箱出口截止阀(53)、分离器水位调节阀(31)、1号高加进汽截止阀(40)、2号高加进汽截止阀(41)、3号高加进汽截止阀(42)、4号高加进汽截止阀(43)、1号高压加热器(44)、2号高压加热器(45)、3号高压加热器(46)、4号高压加热器(47)、1号高加疏水调节阀(48)、2号高加疏水调节阀(49)、3号高加疏水调节阀(50)、4号高加疏水调节阀(51)、除氧器(22)、除氧器减压排汽阀(52)和机组DCS(分布式控制系统);在直流炉启动期间,1号高加进汽截止阀(40)、2号高加进汽截止阀(41)、3号高加进汽截止阀(42)、4号高加进汽截止阀(43)均处于关闭位,1号高压加热器(44)的壳侧、2号高压加热器(45)的壳侧、3号高压加热器(46)、4号高压加热器(47)的壳侧与汽轮机抽汽系统可靠隔离;汽水分离器贮水箱(7)出来的启动疏水经贮水箱出口截止阀(53)、分离器水位调节阀(31)进入1号高压加热器(44)的壳侧,冷却后,经1号高加疏水调节阀(48)减压,进入2号高压加热器(45)的壳侧,冷却后,经2号高加疏水调节阀(49)减压,进入3号高压加热器(46)的壳侧,冷却后,经3号高加疏水调节阀(50)减压,进入4号高压加热器(47)的壳侧,冷却后,经4号高加疏水调节阀(51)减压,排入除氧器(22);给水泵(15)从除氧器(22)吸入低压给水,增压后成为高压给水,经给水泵出口阀(14),依次流经4号高压加热器(47)、3号高压加热器(46)、2号高压加热器(45)、1号高压加热器(44)的管侧,逐级升温后进入省煤器(5),完成工质和热量的全面回收;在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量启动疏水通过时,1号高加疏水调节阀(48)、2号高加疏水调节阀(49)、3号高加疏水调节阀(50)、4号高加疏水调节阀(51)全开,除氧器(22)同步进低焓值凝结水,控制除氧器(22)的压力不高于1.5MPa。

2. 根据权利要求1所述的高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法,其特征是所述的贮水箱出口截止阀(53)具有可靠隔离超临界压力的能力,贮水箱出口截止阀(53)与分离器水位调节阀(31)之间设置有压力传感器和可观察的疏水阀以确认贮水箱出口截止阀(53)关闭严密;贮水箱出口截止阀(53)打开的条件是:汽水分离器压力不高于9.0MPa;1号高加进汽截止阀(40)、2号高加进汽截止阀(41)、3号高加进汽截止阀(42)、4号高加进汽截止阀(43)均关闭严密;1号高加疏水调节阀(48)、2号高加疏水调节阀(49)、3号高加疏水调节阀(50)、4号高加疏水调节阀(51)均位于开度70%到80%的起始开度区域;机组DCS(分布式控制系统)进入水水热交换器控制模式;给水泵(15)工作正常,给水泵出口阀(14)在开位;以上条件同时满足,与逻辑。

3. 根据权利要求1所述的高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法,其特征是所述的分离器水位调节阀(31)为一笼式阀芯调节阀,等百分比特性,外壳可以承受超临界压力,其Kv值应保证在进出口压差为0.5MPa时能够通过极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量。

4. 根据权利要求1所述的高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法,其特征是所述的1号高压加热器(44)抽汽进口的防冲击板足以承受锅炉启动疏水的冲击,不会损伤U型管组;1号高压加热器(44)的疏水出口通流面积、1号高加疏水调节阀(48)的Kv值和2号高压加热器(45)的高加疏水入口通流面积,确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时,1号高压加热器(44)的壳侧压力不高于8MPa。

5. 根据权利要求1所述的高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法,

其特征是所述的 2 号高压加热器 (45) 的疏水出口通流面积、2 号高加疏水调节阀 (49) 的 Kv 值和 3 号高压加热器 (46) 的高加疏水入口通流面积, 确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时, 2 号高压加热器 (45) 的壳侧压力不高于 5.4MPa。

6. 根据权利要求 1 所述的高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法, 其特征是所述的 3 号高压加热器 (46) 的疏水出口通流面积、3 号高加疏水调节阀 (50) 的 Kv 值和 4 号高压加热器 (47) 的高加疏水入口通流面积, 确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时, 3 号高压加热器 (46) 的壳侧压力不高于 3.4MPa。

7. 根据权利要求 1 所述的高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法, 其特征是所述的 4 号高压加热器 (47) 的疏水出口通流面积、4 号高加疏水调节阀 (51) 的 Kv 值和除氧器 (22) 的高加疏水入口通流面积, 确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时, 4 号高压加热器 (47) 的壳侧压力不高于 2.3MPa。

8. 根据权利要求 1 所述的高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法, 其特征是所述的除氧器 (22) 是内置式除氧器, 最高允许运行压力 2.0MPa, 汽轮机组满负荷除氧器运行压力不超过 1.3MPa, 直流炉在极热态启动时除氧器压力不高于 1.5MPa。

9. 根据权利要求 1 所述的高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法, 其特征是所述的除氧器 (22) 设置有除氧器减压排汽阀 (52), 当除氧器压力高于 1.5MPa 时快速打开, 蒸汽排入凝汽器 (25) 的低压旁路入口; 当除氧器压力退回到 1.0MPa 时, 除氧器减压排汽阀 (52) 自动关闭。除氧器减压排汽阀 (52) 打开时除氧器减压排汽阀 (52) 出口压力不超过 0.7MPa, 凝汽器 (25) 内置的消能装置可以安全接受; 除氧器减压排汽阀 (52) 在进口压力 1.5MPa 时的排汽能力为 0.075BMCR 质量流量。

10. 根据权利要求 1 所述的高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法, 其特征是所述的机组 DCS 分布式控制系统协调控制汽水分离器 (6)、汽水分离器贮水箱 (7)、贮水箱出口截止阀 (53)、分离器水位调节阀 (31)、1 号高加进汽截止阀 (40)、2 号高加进汽截止阀 (41)、3 号高加进汽截止阀 (42)、4 号高加进汽截止阀 (43)、1 号高压加热器 (44)、2 号高压加热器 (45)、3 号高压加热器 (46)、4 号高压加热器 (47)、1 号高加疏水调节阀 (48)、2 号高加疏水调节阀 (49)、3 号高加疏水调节阀 (50)、4 号高加疏水调节阀 (51)、除氧器 (22)、除氧器减压排汽阀 (52) 安全、经济地完成直流炉启动过程; DCS 协调控制 1 号高加疏水调节阀 (48)、2 号高加疏水调节阀 (49)、3 号高加疏水调节阀 (50)、4 号高加疏水调节阀 (51) 的开度, 使 1 号高压加热器 (44)、2 号高压加热器 (45)、3 号高压加热器 (46)、4 号高压加热器 (47) 的壳侧压力在各自目标值; 完成启动过程后, 机组 DCS 关闭贮水箱出口截止阀 (53) 可靠地隔离汽水分离器贮水箱 (7) 和 1 号高压加热器 (44) 壳侧, 机组 DCS 恢复高压加热器回热系统方式运行。

## 高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法

### (一) 技术领域：

[0001] 本发明高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法涉及一种电站超临界二次再热锅炉使用的无启动炉水循环泵而可以全面回收启动疏水工质和热量的方法。

### (二) 背景技术：

[0002] 电站超临界二次再热锅炉一定是直流炉。

[0003] 现有技术的电站超临界二次再热锅炉启动系统是电站超临界二次再热锅炉设备的一个重要组成部分,设置启动系统的目的是在锅炉启动、低负荷运行及停炉过程中,通过启动系统建立并维持水冷壁内的最小质量流量,以保护水冷壁安全;同时满足机组安全、经济启停;机组低负荷运行及快速地进行事故处理,并尽可能实现工质和热量回收的要求。

[0004] 现有技术的电站超临界直流炉启动系统常用的有 4 种：

[0005] A 有启动炉水循环泵,有大气式疏水扩容器、疏水箱、疏水泵的直流炉启动系统。

(图 1)

[0006] B 有启动炉水循环泵,锅炉启动疏水直排凝汽器的直流炉启动系统。(图 2)

[0007] C 无启动炉水循环泵,有大气式疏水扩容器、疏水箱、疏水泵的直流炉启动系统。

(图 3)

[0008] D 无启动炉水循环泵,锅炉启动疏水直排凝汽器的直流炉启动系统。(图 4)

[0009] A 种直流炉启动系统在启动炉水循环泵正常工作时,一般认为,除直流炉渡膨胀期的几分钟以外,可以全面回收工质和热量,但实际上为了使分离器水位调节阀以及相应的管道、阀门免遭过大的热冲击,从直流炉点火开始一直有约 20% 的启动流量被送入大气式疏水扩容器,这部分工质和热量基本都损失掉了;在启动炉水循环泵故障时仍然能够安全启动直流炉,但已退化为 C 种直流炉启动系统。

[0010] B 种直流炉启动系统在启动炉水循环泵正常工作时,一般认为,除直流炉渡膨胀期的几分钟以外,可以全面回收工质和热量,但实际上为了使分离器水位调节阀以及相应的管道免遭过大的热冲击,从直流炉点火开始一直有约 20% 的启动流量被送入凝汽器,这部分热量基本损失掉了;在启动炉水循环泵故障时仍然能够安全启动直流炉,但已退化为 D 种直流炉启动系统。

[0011] C 种直流炉启动系统在配有液位控制旁路阀时,少部分工况可以回收工质和热量;锅炉启动疏水进入大气式疏水扩容器时,会受到严重铁污染,此时不仅热量不能回收而且工质也不宜回收;由于大气式疏水扩容器一般布置在锅炉构架内或附近,大气式疏水扩容器出口以后的管道均为低压管道,易于布置、易于支吊,使 A 种与 C 种直流炉启动系统一度得到较多采用;由于顾虑除氧器超压,配有液位控制旁路阀的 A 种与 C 种直流炉启动系统数量很少。

[0012] D 种直流炉启动系统在配有液位控制旁路阀时,少部分工况可以回收工质和热量;锅炉启动疏水直排凝汽器无铁污染,可回收全部工质,不能回收热量。B 种与 D 种直流炉启

动系统近年得到较多的采用；由于顾虑除氧器超压，配有液位控制旁路阀的B种与D种直流炉启动系统数量很少。

[0013] C种和D种直流炉启动系统在配有液位控制旁路阀时，少部分工况可以回收工质和热量，液位控制旁路阀允许打开的典型条件是除氧器压力不高于0.5MPa、汽水分离器压力不高于11.0MPa、汽水分离器水位不低于2.7m三个条件同时满足，以确保除氧器安全。

[0014] 高压加热器是电站汽轮机组回热系统的一部分，用于减少电站热力循环的冷端损失，提高电站的热效率。现有技术二次再热汽轮机组典型的高压加热器一般为卧式、U形传热管、管壳式换热器；4级串联布置，分别接受汽轮机超高压缸排汽、高压缸抽汽、高压缸排汽、中压缸前级抽汽；并设置分离式的蒸汽冷却器；用于逐级加热给水泵出口的锅炉给水。高压加热器的疏水逐级回流，4号高压加热器的疏水回流到除氧器，每台高压加热器的疏水出口均配有出口疏水调节阀，受机组DCS（分布式控制系统）监控，用以调节控制各高压加热器的疏水水位在目标区间，使回热系统的节能效果最大化和防止汽轮机进水，确保汽轮机组安全、经济运行。

[0015] 高压加热器通常随汽轮机主机启动；除氧器通常滑压运行。

[0016] 水冷壁渡膨胀是在水冷壁系统开始产汽时出现的汽水分离器水位突升、锅炉启动疏水脉冲式增加的现象，其原因是水冷壁系统内工质重度快速下降，是一种暂态过程，持续时间约3、4分钟，锅炉启动疏水增量积分值对1000MW等级直流炉典型值为30到50t。

### （三）发明内容：

[0017] 所要解决的技术问题：

[0018] 如上所述，A种和B种配有启动炉水循环泵的直流炉启动系统可以全面回收工质和热量，但为使启动炉水循环泵系统正常工作，需要设置启动炉水循环泵再循环子系统、启动炉水循环泵暖泵子系统、启动炉水循环泵入口过冷水子系统、启动炉水循环泵高压冲洗及补水子系统、启动炉水循环泵低压冷却水子系统、6kV/10kV厂用供电系统、DCS控制系统；系统复杂故障多，对炉水内颗粒物敏感；启动炉水循环泵需要在超临界压力和高温条件下工作，国内尚不能生产，2台1000MW等级机组设置启动炉水循环泵及其附属系统，电站投资约增加2000万元；启动过程完成以后，启动炉水循环泵系统仍然处于承压热备用状态，热备用的年能耗费用上百万元，另外每年还要投入上百万元的检查、维护、检修费用。配有启动炉水循环泵的启动系统从锅炉点火开始，直到水冷壁渡膨胀结束一直有约20%的启动流量被送入大气式扩容器或者凝汽器，这部分工质的热量并不能回收，被送入大气式扩容器的疏水往往成为给水含铁量超标的重要原因。

[0019] 因此，能够找到一种不用启动炉水循环泵又能全面回收工质和热量的二次再热锅炉启动系统有重大经济效益，是电站二次再热锅炉启动系统领域的重大技术进步。

[0020] 解决其技术问题采用的技术方案：

[0021] 本发明高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法与前述A种、B种直流炉启动系统不同，不使用启动炉水循环泵增压汽水分离器贮水箱出口的启动疏水返回省煤器入口的方法回收工质和热量，而是推迟汽轮机侧的4台串联的高压加热器作为电站汽轮机组回热系统的启动指令，在电站超临界二次再热锅炉启动期间将汽轮机侧的4台串联高压加热器用作水水热交换器，在壳侧，对二次再热锅炉启动疏水梯次减温减压，高焓

值启动疏水梯次放出热量后进入除氧器；在管侧，较低焓值的给水泵出口的高压给水梯次吸收热量后进入省煤器。由于4台高压加热器的换热能力是按100% BMCR流量设计的，拥有巨大数量的换热面积，直流炉启动疏水流量从点火到锅炉带最低直流负荷，流量变动范围是0到30% BMCR/0到25% BMCR，4台串联高压加热器用作水水热交换器时，传热端差可以不超过10K。

[0022] 高压加热器在直流炉启动期间用作水水热交换器时，管侧走的是给水泵出口的高压给水，壳侧走的是锅炉启动疏水，从锅炉点火到水冷壁渡膨胀前管侧流量与壳侧流量基本相等，除氧器压力缓慢上升；水冷壁渡膨胀后到启动过程完成锅炉转入全直流工况前，管侧流量不变，壳侧流量由最大启动疏水量逐渐下降到0，相应，除氧器压力由上升速率下降到停止上升到缓慢下降；仅在水冷壁渡膨胀的几分钟内壳侧流量颇大于管侧流量，如果又是在极热态工况下启动，除氧器压力有可能快速上升，为确保除氧器安全运行采取下列措施：

[0023] 水冷壁渡膨胀前除氧器维持低水位，在水冷壁渡膨胀的几分钟内同步进低焓值凝结水；

[0024] 水冷壁渡膨胀前分离器维持低水位；

[0025] 选用内置式除氧器，将除氧器最高允许工作压力提高到2.0MPa；

[0026] 从除氧器空抽区接一管路到凝汽器低压旁路入口，上安装有快开阀，控制除氧器压力；

[0027] 同时采用以上4条措施。

[0028] 极热态启动是最可能引起除氧器超压的工况，这样，无论冷态启动、温态启动、热态启动、极热态启动均可以安全将启动疏水引入除氧器，全面回收电站超临界二次再热锅炉启动过程中的工质和热量，取得比配有启动炉水循环泵的直流炉启动系统更好更全面的回收工质和热量的效果。

[0029] 高压加热器在直流炉启动期间用作水水热交换器的必要条件是确保高压加热器进汽截止阀和高压加热器进汽逆止阀严密不漏并可以实时验证，各高压加热器进汽截止阀和高压加热器进汽逆止阀技术状态良好、各高压加热器进汽截止阀和高压加热器进汽逆止阀之间设置有压力传感器和可观察的疏水阀即可满足这一条件。

[0030] 校核并修改1号高压加热器(44)的抽汽进口的通流面积和分离器水位调节阀(31)的Kv值，确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时，汽水分离器(6)与1号高压加热器(44)壳侧的压差不超过1.0MPa。检查确认1号高压加热器(44)抽汽进口的防冲击板足以承受锅炉启动疏水的冲击，不会损伤U型管组，必要时补强防冲击板；校核并修改1号高压加热器(44)的疏水出口通流面积、1号高加疏水调节阀(48)的Kv值和2号高压加热器(45)的高加疏水入口通流面积，确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时，1号高压加热器(44)的壳侧压力不高于8MPa；校核并修改2号高压加热器(45)的疏水出口通流面积、2号高加疏水调节阀(49)的Kv值和3号高压加热器(46)的高加疏水入口通流面积，确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时，2号高压加热器(45)的壳侧压力不高于5.4MPa；校核并修改3号高压加热器(46)的疏水出口通流面积、3号高加疏水调节阀(50)的Kv值和4号高压加热器(47)的高加疏水入口通流面积，确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时，3号高压加热器(46)的壳侧压力不高于3.4MPa；校核并修改4

号高压加热器 (47) 的疏水出口通流面积、4 号高加疏水调节阀 (51) 的 Kv 值和除氧器 (22) 的高加疏水入口通流面积, 确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时, 4 号高压加热器 (47) 的壳侧压力不高于 2.3MPa; 1 号高加疏水调节阀 (48)、2 号高加疏水调节阀 (49)、3 号高加疏水调节阀 (50)、4 号高加疏水调节阀 (51) 均为等百分比特性。

[0031] 二次再热机组 4 台高压加热器壳体设计压力颇高于用于回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量时所需要承受的压力。4 台高压加热器在锅炉启动过程中, 对启动疏水如同一台有巨大换热能力的分布式的减温减压器, 启动疏水的热量以逆流换热方式传给给水, 降低焓值后的疏水由除氧器回收。

[0032] 本发明包括汽水分离器 (6)、汽水分离器贮水箱 (7)、贮水箱出口截止阀 (53)、分离器水位调节阀 (31)、1 号高加进汽截止阀 (40)、2 号高加进汽截止阀 (41)、3 号高加进汽截止阀 (42)、4 号高加进汽截止阀 (43)、1 号高压加热器 (44)、2 号高压加热器 (45)、3 号高压加热器 (46)、4 号高压加热器 (47)、1 号高加疏水调节阀 (48)、2 号高加疏水调节阀 (49)、3 号高加疏水调节阀 (50)、4 号高加疏水调节阀 (51)、除氧器 (22)、除氧器减压排汽阀 (52) 和机组 DCS (分布式控制系统); 在直流炉启动期间, 1 号高加进汽截止阀 (40)、2 号高加进汽截止阀 (41)、3 号高加进汽截止阀 (42)、4 号高加进汽截止阀 (43) 均处于关闭位, 1 号高压加热器 (44) 的壳侧、2 号高压加热器 (45) 的壳侧、3 号高压加热器 (46)、4 号高压加热器 (47) 的壳侧与汽轮机抽汽系统可靠隔离; 汽水分离器贮水箱 (7) 出来的启动疏水经贮水箱出口截止阀 (53)、分离器水位调节阀 (31) 进入 1 号高压加热器 (44) 的壳侧, 冷却后, 经 1 号高加疏水调节阀 (48) 减压, 进入 2 号高压加热器 (45) 的壳侧, 冷却后, 经 2 号高加疏水调节阀 (49) 减压, 进入 3 号高压加热器 (46) 的壳侧, 冷却后, 经 3 号高加疏水调节阀 (50) 减压, 进入 4 号高压加热器 (47) 的壳侧, 冷却后, 经 4 号高加疏水调节阀 (51) 减压, 排入除氧器 (22); 给水泵 (15) 从除氧器 (22) 吸入低压给水, 增压后成为高压给水, 经给水泵出口阀 (14), 依次流经 4 号高压加热器 (47)、3 号高压加热器 (46)、2 号高压加热器 (45)、1 号高压加热器 (44) 的管侧, 逐级升温后进入省煤器 (5), 完成工质和热量的全面回收; 在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量启动疏水通过时, 1 号高加疏水调节阀 (48)、2 号高加疏水调节阀 (49)、3 号高加疏水调节阀 (50)、4 号高加疏水调节阀 (51) 全开, 除氧器 (22) 同步进低焓值凝结水, 控制除氧器 (22) 的压力不高于 1.5MPa。

[0033] 高压加热器的出口疏水调节阀在高压加热器用作水水热交换器时的控制逻辑与高压加热器用作回热系统时的控制逻辑完全不同, 机组 DCS (分布式控制系统) 必须备有 2 套不同的控制逻辑, 适时切换。在高压加热器用作水水热交换器时, 1 号高压加热器的出口疏水调节阀用于控制 1 号高压加热器壳侧与 2 号高压加热器壳侧之间的压力差; 2 号高压加热器的出口疏水调节阀用于控制 2 号高压加热器壳侧与 3 号高压加热器壳侧之间的压力差; 3 号高压加热器的出口疏水调节阀用于控制 3 号高压加热器壳侧与 4 号高压加热器壳侧之间的压力差; 4 号高压加热器的出口疏水调节阀用于控制 4 号高压加热器壳侧与除氧器之间的压力差。以各高压加热器的出口疏水调节阀为调节机构的调节目标为各相应高压加热器的壳侧压力, 调节目标值与即时除氧器压力、汽水分离器压力有关, 1 号高压加热器的壳侧压力目标值为汽水分离器压力减 1.0MPa, 4 号高压加热器的壳侧压力目标值为除氧器压力加 1.0MPa; 2 号高压加热器的壳侧压力目标值为 3 号高压加热器壳侧压力加 0.54 倍的 1 号高压加热器与 4 号高压加热器壳侧压力差; 3 号高压加热器的壳侧压力目标值为 4 号

高压加热器壳侧压力加 0.2 倍的 1 号高压加热器与 4 号高压加热器壳侧压力差。上述高压加热器用作水水热交换器时的控制逻辑,其目的是在保证安全的前提下使启动疏水与高压给水之间的换热量最大化。

[0034] 冷态启动、温态启动、热态启动、极热态启动时汽水分离器压力分别取 6MPa 到 9MPa,冷态启动取较低值,极热态启动取较高值,温态启动、热态启动取中间值;启动过程中汽水分离器压力可以用超高压旁路阀、高压旁路阀、低压旁路阀的开度和燃料量控制。

[0035] 分离器水位调节阀 (31) 为一笼式阀芯调节阀,等百分比特性,阀壳可以承受超临界压力,其 Kv 值应保证在其进出口压差为 0.5MPa 时能够通过极热态启动水冷壁渡膨胀时的大流量。由于分离器水位调节阀 (31) 进出口压比不大,无严重汽蚀,无需分裂为 2 只或者 3 只并联的调节阀。

[0036] 除氧器 (22) 是内置式除氧器,最高允许运行压力 2.0MPa,汽轮机组满负荷除氧器滑压运行压力不超过 1.3MPa,直流炉在极热态启动时除氧器压力不高于 1.5MPa;除氧器 (22) 设置有除氧器减压排汽阀 (52),当除氧器 (22) 出现压力高于 1.5MPa 的异常工况时,快速打开,蒸汽排入凝汽器 (25) 的低压旁路入口;当除氧器压力退回到 1.0MPa 时,除氧器减压排汽阀 (52) 自动关闭。除氧器减压排汽阀 (52) 打开时,除氧器减压排汽阀 (52) 出口压力不超过 0.7MPa,凝汽器 (25) 内置的消能装置可以安全接受;除氧器减压排汽阀 (52) 在进口压力 1.5MPa 时的排汽能力为 0.075BMCR 质量流量。

[0037] 贮水箱出口截止阀 (53) 关闭时能够将 1 号高压加热器 (44) 的壳侧与超临界压力可靠隔离;贮水箱出口截止阀 (53) 与分离器水位调节阀 (31) 之间设置有压力传感器和可观察的疏水阀以确认贮水箱出口截止阀 (53) 关闭严密。

[0038] 当电站超临界直流炉达到最低直流负荷后,汽水分离器 (6) 呈干态,微过热状态,分离器水位调节阀 (31) 全关,各高加疏水调节阀全关,关闭贮水箱出口截止阀 (53),严密隔离汽水分离器贮水箱 (7) 与 1 号高压加热器 (44) 的壳侧;机组 DCS(分布式控制系统)对各高压加热器的出口疏水调节阀的控制逻辑切换到高压加热器水位控制模式;打开各高压加热器进气截止阀;启动各高压加热器恢复回热系统工作模式。

[0039] 本发明不需要现有技术各种直流炉启动系统必有的汽水分离器贮水箱 (7) 至分离器水位调节阀 (31) 之间管道热备用系统,因为当 1 号高压加热器恢复回热系统工作模式以后,汽轮机高压缸抽汽已使 1 号高压加热器 (44) 的壳侧和 1 号高压加热器 (44) 壳侧至分离器水位调节阀 (31) 之间的管道保持在热态;反之,4 台高压加热器用作水水热交换器的过程也是对各高压加热器回归回热系统状态的良好预热。

[0040] 本发明在电站超临界直流炉启动期间利用汽轮机侧的 4 台高压加热器,用作水水热交换器,对直流炉启动疏水梯次减温减压,高焓值启动疏水梯次放出热量,使启动疏水焓值降低到各种启动工况下均适合除氧器安全回收。特殊设计的机组 DCS(分布式控制系统)对高压加热器的双控制逻辑保证了各高压加热器,在 2 种不同工作模式下均能安全、经济地完成直流炉启动全过程和减少电站热力循环的冷端损失的回热系统工作模式。

[0041] 本发明在电站超临界直流炉启动期间对工质和热量的回收效果优于有启动炉水循环泵的直流炉启动系统。

[0042] 本发明适用于设计新一代的电站超临界二次再热锅炉启动系统,在高压加热器和除氧器系统招标时,满足前述用作水水热交换器的附加通流要求,不会增加很多费用,但可



以大幅降低锅炉岛投资。

[0043] 采用本发明的效益在于：

[0044] • 冷态启动、温态启动、热态启动、极热态启动均可以全面回收电站超临界二次再热锅炉启动过程中的工质和热量，回收效果优于有启动炉水循环泵的直流炉启动系统。

[0045] • 从锅炉点火开始，水冷壁渡膨胀直到最低直流负荷均可以全面回收电站超临界二次再热锅炉启动过程中的工质和热量，回收效果优于有启动炉水循环泵的直流炉启动系统。

[0046] • 无启动炉水循环泵及其子系统，大幅度降低基建投资，消除进口依赖。

[0047] • 无启动炉水循环泵，节省厂用电。

[0048] • 无启动炉水循环泵，检修、维护工作量小，保有费用低。

[0049] • 无汽水分离器贮水箱至分离器水位调节阀管道热备用系统，节省热备用系统能耗。

[0050] • 运行简单、安全、可靠，运行费用低。

[0051] • 无铁污染。

[0052] • 分离器水位调节阀的工作压差小，无严重汽蚀，大幅度降低造价。

#### （四）附图说明：

[0053] 图 1 有启动炉水循环泵大气式疏水扩容器疏水泵的直流炉启动系统结构图

[0054] 图 1 中未画出启动炉水循环泵需要的各子系统，以避免系统结构图过于繁杂。

[0055] 图 1 以一次再热机组为例说明有启动炉水循环泵大气式疏水扩容器疏水泵的直流炉启动系统结构图，未画出超高压缸和二次低温再热器、二次高温再热器。

[0056] 启动炉水循环泵 (8) 在直流炉启动过程中，对吸入启动炉水循环泵 (8) 的启动疏水增压，经启动炉水循环泵出口阀 (9) 压入省煤器 (5) 回收工质和热量；从直流炉点火开始，一直有约 20% 的启动流量被送入大气式疏水扩容器 (33)，使分离器水位调节阀 (31) 以及相应的管道保持热态，免遭过大的热冲击；在水冷壁渡膨胀期的几分钟，启动炉水循环泵 (8) 无法将脉冲式出现的增量启动疏水送回省煤器 (5)，开大分离器水位调节阀 (31) 和打开贮水箱疏水阀 (32) 将增量启动疏水送入大气式疏水扩容器 (33) 可以控制汽水分离器 (6) 内的水位在正常范围。送入大气式疏水扩容器 (33) 的启动疏水，如果水质合格，经由疏水箱 (34)、疏水泵 (35)、启动疏水回收阀 (21) 回收至凝汽器 (25)、但往往由于严重的铁污染，工质不宜回收，热量损失，不合格疏水经排污阀 (27) 排入地沟。

[0057] 为更容易理解直流炉启动系统的功能，在图 1 中不仅画出了直流炉启动系统的主要部套也简要画出了直流炉本体的主要部套高温过热器 (1)、屏式过热器 (2)、低温过热器 (3)、水冷壁 (4)、一次高温再热器 (10)、一次低温再热器 (11) 和汽轮机及其辅助系统的部分主要部套高压缸 (17)、高压主汽门 (16)、高压旁路阀 (13)、中压缸 (20)、中压联合汽门 (19)、低压缸 (24)、低压旁路阀 (23)、凝汽器 (25)、凝结水泵 (26)、低压加热器 (28)。高压加热器 (12) 是一种简化表达方法，实用的二次再热机组高压加热器系统通常由 4 台串联组成；高加进汽逆止阀 (29) 和高加进汽截止阀 (30) 是配合这一简化表达方法附图编号。低压加热器 (28) 是一种更为简化的表达方法，实用的低压加热器系统通常由 4 台串联组成；低压加热器 (28) 的进汽与疏水均被简化。

[0058] 图 2 有启动炉水循环泵启动疏水直排凝汽器的直流炉启动系统结构图

[0059] 图 2 中未画出启动炉水循环泵需要的各子系统,以避免系统结构图过于繁杂。

[0060] 图 2 以一次再热机组为例说明有启动炉水循环泵启动疏水直排凝汽器的直流炉启动系统结构图,未画出超高压缸和二次低温再热器、二次高温再热器。

[0061] 启动炉水循环泵 (8) 在直流炉启动过程中,对吸入启动炉水循环泵 (8) 的启动疏水增压,经启动炉水循环泵出口阀 (9) 压入省煤器 (5) 回收工质和热量;从直流炉点火开始一直有约 20% 的启动流量被送入凝汽器 (25),使分离器水位调节阀 (31) 以及相应的管道阀门保持热态,免遭过大的热冲击;在水冷壁渡膨胀期的几分钟,启动炉水循环泵 (8) 无法将脉冲式出现的增量启动疏水送回省煤器 (5),开大分离器水位调节阀 (31) 和启动疏水回收阀 (21) 经背包式减温减压器 (54) 排入凝汽器 (25) 可以控制汽水分离器 (6) 内的水位在正常范围。凡送入凝汽器 (25) 的启动疏水作为工质被全部回收但热量损失。

[0062] 为更容易理解直流炉启动系统的功能,在图 2 中不仅画出了直流炉启动系统的主要部套也简要画出了直流炉本体的主要部套高温过热器 (1)、屏式过热器 (2)、低温过热器 (3)、水冷壁 (4)、一次高温再热器 (10)、一次低温再热器 (11) 和汽轮机及其辅助系统的部分主要部套高压缸 (17)、高压主汽门 (16)、高压旁路阀 (13)、中压缸 (20)、中压联合汽门 (19)、低压缸 (24)、低压旁路阀 (23)、凝汽器 (25)、凝结水泵 (26)、低压加热器 (28)。高压加热器 (12) 是一种简化表达方法,实用的二次再热机组高压加热器系统通常由 4 台串联组成;高加进汽逆止阀 (29) 和高加进汽截止阀 (30) 是配合这一简化表达方法附图编号。低压加热器 (28) 是一种更为简化的表达方法,实用的低压加热器系统通常由 4 台串联组成;低压加热器 (28) 的进汽与疏水均被简化。

[0063] 图 3 无启动炉水循环泵有大气式疏水扩容器疏水泵的直流炉启动系统结构图

[0064] 图 3 以一次再热机组为例说明无启动炉水循环泵有大气式疏水扩容器疏水泵的直流炉启动系统结构图,未画出超高压缸和二次低温再热器、二次高温再热器。

[0065] 在直流炉整个启动过程中,包括渡膨胀期的几分钟,汽水分离器 (6) 内的水位由贮水箱水位旁路调节阀 (18)、分离器水位调节阀 (31) 和贮水箱疏水阀 (32) 组合调节;启动疏水经由贮水箱水位旁路调节阀 (18) 进入除氧器 (22) 部分热量可以回收,经分离器水位调节阀 (31) 和贮水箱疏水阀 (32) 进入大气式疏水扩容器 (33) 部分启动疏水不仅热量损失,由于严重的铁污染也不宜回收工质。

[0066] 为更容易理解直流炉启动系统的功能,在图 3 中不仅画出了直流炉启动系统的主要部套也简要画出了直流炉本体的主要部套高温过热器 (1)、屏式过热器 (2)、低温过热器 (3)、水冷壁 (4)、一次高温再热器 (10)、一次低温再热器 (11) 和汽轮机及其辅助系统的部分主要部套高压缸 (17)、高压主汽门 (16)、高压旁路阀 (13)、中压缸 (20)、中压联合汽门 (19)、低压缸 (24)、低压旁路阀 (23)、凝汽器 (25)、凝结水泵 (26)、低压加热器 (28)。高压加热器 (12) 是一种简化表达方法,实用的高压加热器系统通常由 3 台串联组成;高加进汽逆止阀 (29) 和高加进汽截止阀 (30) 是配合这一简化表达方法附图编号。低压加热器 (28) 是一种更为简化的表达方法,实用的低压加热器系统通常由 4 台串联组成;低压加热器 (28) 的进汽与疏水均被简化。

[0067] 图 4 无启动炉水循环泵启动疏水直排凝汽器的直流炉启动系统结构图

[0068] 图 4 以一次再热机组为例说明无启动炉水循环泵启动疏水直排凝汽器的直流炉

启动系统结构图,未画出超高压缸和二次低温再热器、二次高温再热器。

[0069] 在直流炉整个启动过程中,包括渡膨胀期的几分钟,汽水分离器(6)内的水位由分离器水位调节阀(31)控制,启动疏水经启动疏水回收阀(21)和背包式减温减压器(54)在凝汽器(25)回收,启动疏水的热量损失。

[0070] 为更容易理解直流炉启动系统的功能,在图4中不仅画出了直流炉启动系统的主要部套也简要画出了直流炉本体的主要部套高温过热器(1)、屏式过热器(2)、低温过热器(3)、水冷壁(4)、一次高温再热器(10)、一次低温再热器(11)和汽轮机及其辅助系统的部分主要部套高压缸(17)、高压主汽门(16)、高压旁路阀(13)、中压缸(20)、中压联合汽门(19)、低压缸(24)、低压旁路阀(23)、凝汽器(25)、凝结水泵(26)、低压加热器(28)。高压加热器(12)是一种简化表达方法,实用的高压加热器系统通常由3台串联组成;高加进汽逆止阀(29)和高加进汽截止阀(30)是配合这一简化表达方法附图编号。低压加热器(28)是一种更为简化的表达方法,实用的低压加热器系统通常由4台串联组成;低压加热器(28)的进汽与疏水均被简化。

[0071] 图5高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法结构图

[0072] 本发明的核心知识产权是在直流炉启动期间引入了汽轮机侧的1号高压加热器(44)、2号高压加热器(45)、3号高压加热器(46)、4号高压加热器(47)用作水水热交换器,将高焓值的启动疏水冷却到除氧器(22)可以安全接受的温度,全面回收工质和热量。回收的热量由2部分组成,之一,高焓值的启动疏水经水水热交换器放出的热量被高压给水吸收;之二,比除氧器水箱贮水温度略高的启动疏水以混合方式携带热量进入除氧器。

[0073] 汽水分离器贮水箱(7)出来的启动疏水经贮水箱出口截止阀(53)、分离器水位调节阀(31)进入1号高压加热器(44)的壳侧,冷却后,经1号高加疏水调节阀(48),进入2号高压加热器(45)的壳侧,冷却后,经2号高加疏水调节阀(49),进入3号高压加热器(46)的壳侧,冷却后,经3号高加疏水调节阀(50),进入4号高压加热器(47)的壳侧,冷却后,经4号高加疏水调节阀(51)排入除氧器(22)。给水泵(15)从除氧器(22)吸入低压给水,增压后成为高压给水,经给水泵出口阀(14),依次流经4号高压加热器(47)、3号高压加热器(46)、2号高压加热器(45)、1号高压加热器(44)的管侧,逐级升温后进入省煤器(5),完成工质和热量的全面回收。

[0074] 当电站超临界直流炉达到最低直流负荷后,汽水分离器(6)呈干态微过热状态,汽水分离器贮水箱(7)的水位到0位,分离器水位调节阀(31)全关,1号高加疏水调节阀(48)、2号高加疏水调节阀(49)、3号高加疏水调节阀(50)、4号高加疏水调节阀(51)全关,持续120秒后关闭贮水箱出口截止阀(53);DCS(分布式控制系统)恢复对1号高加疏水调节阀(48)、2号高加疏水调节阀(49)、3号高加疏水调节阀(50)、4号高加疏水调节阀(51)的水位控制模式;依次打开4号高加进汽截止阀(43)、3号高加进汽截止阀(42)、2号高加进汽截止阀(41)、1号高加进汽截止阀(40);1号高压加热器(44)、2号高压加热器(45)、3号高压加热器(46)、4号高压加热器(47)回归回热系统运行方式。

[0075] 为更容易理解直流炉启动系统的功能,在图5中不仅画出了直流炉启动系统的主要部套也简要画出了直流炉本体的主要部套高温过热器(1)、屏式过热器(2)、低温过热器(3)、水冷壁(4)、一次高温再热器(10)、一次低温再热器(11)、二次高温再热器(58)、二次低温再热器(59)和汽轮机及其辅助系统的部分主要部套超高压缸(56)、高压缸(17)、超高

压主汽门 (55)、一次再热联合汽门 (60)、二次再热联合汽门 (61)、超高压旁路阀 (57)、高压旁路阀 (13)、中压缸 (20)、低压缸 (24)、低压旁路阀 (23)、凝汽器 (25)、凝结水泵 (26)、低压加热器 (28)。

[0076] 4 台高压加热器及相关阀门, 给予了新的图形和附图标记。

[0077] 在图 5 中未画出机组 DCS( 分布式控制系统 ) 以免图过于复杂。

[0078] 在图 1、图 2、图 3、图 4、图 5 中的附图标记 :

- |        |                |                |                |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| [0079] | 1 高温过热器、       | 2 屏式过热器、       | 3 低温过热器、       |
| [0080] | 4 水冷壁、         | 5 省煤器、         | 6 汽水分离器、       |
| [0081] | 7 汽水分离器贮水箱、    | 8 启动炉水循环泵、     | 9 启动炉水循环泵出口阀、  |
| [0082] | 10 一次高温再热器、    | 11 一次低温再热器、    | 12 高压加热器、      |
| [0083] | 13 高压旁路阀、      | 14 给水泵出口阀、     | 15 给水泵、        |
| [0084] | 16 高压主汽门、      | 17 高压缸、        | 18 分离器水位旁路调节阀、 |
| [0085] | 19 中压联合汽门、     | 20 中压缸、        | 21 启动疏水回收阀、    |
| [0086] | 22 除氧器、        | 23 低压旁路阀、      | 24 低压缸、        |
| [0087] | 25 凝汽器、        | 26 凝结水泵、       | 27 排污阀、        |
| [0088] | 28 低压加热器、      | 29 高加进汽逆止阀、    | 30 高加进汽截止阀、    |
| [0089] | 31 分离器水位调节阀、   | 32 贮水箱疏水阀、     | 33 大气式疏水扩容器、   |
| [0090] | 34 疏水箱、        | 35 疏水泵、        | 36 1 号高加进汽逆止阀、 |
| [0091] | 37 2 号高加进汽逆止阀、 | 38 3 号高加进汽逆止阀、 | 39 4 号高加进汽逆止阀、 |
| [0092] | 40 1 号高加进汽截止阀、 | 41 2 号高加进汽截止阀、 | 42 3 号高加进汽截止阀、 |
| [0093] | 43 4 号高加进汽截止阀、 | 44 1 号高压加热器、   | 45 2 号高压加热器、   |
| [0094] | 46 3 号高压加热器、   | 47 4 号高压加热器、   | 48 1 号高加疏水调节阀、 |
| [0095] | 49 2 号高加疏水调节阀、 | 50 3 号高加疏水调节阀、 | 51 4 号高加疏水调节阀、 |
| [0096] | 52 除氧器减压排汽阀、   | 53 贮水箱出口截止阀、   | 54 背包式减温减压器、   |
| [0097] | 55 超高压主汽阀、     | 56 超高压缸、       | 57 超高压旁路阀、     |
| [0098] | 58 二次高温再热器、    | 59 二次高温再热器、    | 60 一次再热联合汽门、   |
| [0099] | 61 二次再热联合汽门。   |                |                |

#### (五) 具体实施方式 :

[0100] 以下以一台 1000MW 等级的电站超临界二次再热锅炉为例, 结合图 5, 进一步说明本发明高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法 :

[0101] 本发明高压加热器回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量的方法包括汽水分离器 (6)、汽水分离器贮水箱 (7)、贮水箱出口截止阀 (53)、分离器水位调节阀 (31)、1 号高加进汽截止阀 (40)、2 号高加进汽截止阀 (41)、3 号高加进汽截止阀 (42)、4 号高加进汽截止阀 (43)、1 号高压加热器 (44)、2 号高压加热器 (45)、3 号高压加热器 (46)、3 号高压加热器 (47)、1 号高加疏水调节阀 (48)、2 号高加疏水调节阀 (49)、3 号高加疏水调节阀 (50)、4 号高加疏水调节阀 (51)、除氧器 (22)、除氧器减压排汽阀 (52) 和机组 DCS( 分布式控制系统 )。

[0102] 校核并修改 1 号高压加热器 (44) 的抽汽进口的通流面积和分离器水位调节阀

(31) 的  $K_v$  值, 确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时, 汽水分离器 (6) 与 1 号高压加热器 (44) 壳侧的压差不超过 1.0MPa。检查确认 1 号高压加热器 (44) 抽汽进口的防冲击板足以承受锅炉启动疏水的冲击, 不会损伤 U 型管组, 必要时补强防冲击板。校核并修改 1 号高压加热器 (44) 的疏水出口通流面积、1 号高加疏水调节阀 (48) 的  $K_v$  值和 2 号高压加热器 (45) 的高加疏水入口通流面积, 确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时, 1 号高压加热器 (44) 的壳侧压力不高于 8MPa; 校核并修改 2 号高压加热器 (45) 的疏水出口通流面积、2 号高加疏水调节阀 (49) 的  $K_v$  值和 3 号高压加热器 (46) 的高加疏水入口通流面积, 确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时, 2 号高压加热器 (45) 的壳侧压力不高于 5.4MPa; 校核并修改 3 号高压加热器 (46) 的疏水出口通流面积、3 号高加疏水调节阀 (50) 的  $K_v$  值和 4 号高压加热器 (47) 的高加疏水入口通流面积, 确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时, 3 号高压加热器 (46) 的壳侧压力不高于 3.4MPa; 校核并修改 4 号高压加热器 (47) 的疏水出口通流面积、4 号高加疏水调节阀 (51) 的  $K_v$  值和除氧器 (22) 的高加疏水入口通流面积, 确保在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量通过时, 4 号高压加热器 (47) 的壳侧压力不高于 2.3MPa。1 号高加疏水调节阀 (48)、2 号高加疏水调节阀 (49)、3 号高加疏水调节阀 (50)、4 号高加疏水调节阀 (51) 均为等百分比特性。

[0103] 二次再热机组 4 台高压加热器壳体设计压力颇高于用于回收二次再热锅炉启动疏水工质和热量时所需要承受的压力。4 台高压加热器在锅炉启动过程中, 对启动疏水如同一台有巨大换热能力的分布式的减温减压器, 启动疏水的热量以逆流换热方式传给给水, 降低焓值后的疏水由除氧器回收。

[0104] 高压加热器的出口疏水调节阀在高压加热器用作水水热交换器时的控制逻辑与高压加热器用作回热系统时的控制逻辑完全不同, 机组 DCS (分布式控制系统) 必须备有 2 套不同的控制逻辑, 适时切换。在高压加热器用作水水热交换器时, 1 号高压加热器的出口疏水调节阀用于控制 1 号高压加热器壳侧与 2 号高压加热器壳侧之间的压力差; 2 号高压加热器的出口疏水调节阀用于控制 2 号高压加热器壳侧与 3 号高压加热器壳侧之间的压力差; 3 号高压加热器的出口疏水调节阀用于控制 3 号高压加热器壳侧与 4 号高压加热器壳侧之间的压力差; 4 号高压加热器的出口疏水调节阀用于控制 4 号高压加热器壳侧与除氧器之间的压力差。以各高压加热器的出口疏水调节阀为调节机构的调节目标为各相应高压加热器的壳侧压力, 调节目标值与即时除氧器压力、汽水分离器压力有关, 1 号高压加热器的壳侧压力目标值为汽水分离器压力减 1.0MPa, 4 号高压加热器的壳侧压力目标值为除氧器压力加 1.0MPa; 2 号高压加热器的壳侧压力目标值为 3 号高压加热器壳侧压力加 0.54 倍的 1 号高压加热器与 4 号高压加热器壳侧压力差; 3 号高压加热器的壳侧压力目标值为 4 号高压加热器壳侧压力加 0.2 倍的 1 号高压加热器与 4 号高压加热器壳侧压力差。上述高压加热器用作水水热交换器时的控制逻辑, 其目的是在保证安全的前提下使启动疏水与高压给水之间的换热量最大化。

[0105] 冷态启动、温态启动、热态启动、极热态启动时汽水分离器压力分别取 6MPa 到 9MPa, 冷态启动取较低值, 极热态启动取较高值, 温态启动、热态启动取中间值; 启动过程中汽水分离器压力可以用高、低压旁路阀的开度和燃料量控制。

[0106] 在直流炉启动期间, 1 号高加进汽截止阀 (40)、2 号高加进汽截止阀 (41)、3 号高加进汽截止阀 (42)、4 号高加进汽截止阀 (43) 均处于关闭位, 1 号高压加热器 (44) 的壳侧、2

号高压加热器 (45) 的壳侧、3 号高压加热器 (46)、4 号高压加热器 (47) 的壳侧与汽轮机抽汽系统可靠隔离。

[0107] 汽水分离器贮水箱 (7) 出来的启动疏水经贮水箱出口截止阀 (53)、分离器水位调节阀 (31) 进入 1 号高压加热器 (44) 的壳侧, 冷却后, 经 1 号高加疏水调节阀 (48) 减压, 进入 2 号高压加热器 (45) 的壳侧, 冷却后, 经 2 号高加疏水调节阀 (49) 减压, 进入 3 号高压加热器 (46) 的壳侧, 冷却后, 经 3 号高加疏水调节阀 (50) 减压, 进入, 4 号高压加热器 (47) 的壳侧, 冷却后, 经 4 号高加疏水调节阀 (51) 减压, 排入除氧器 (22); 给水泵 (15) 从除氧器 (22) 吸入低压给水, 增压后成为高压给水, 经给水泵出口阀 (14), 依次流经 4 号高压加热器 (47)、3 号高压加热器 (46)、2 号高压加热器 (45)、1 号高压加热器 (44) 的管侧, 逐级升温后进入省煤器 (5), 完成工质和热量的全面回收。

[0108] 在极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量启动疏水通过时, 1 号高加疏水调节阀 (48)、2 号高加疏水调节阀 (49)、3 号高加疏水调节阀 (50)、4 号高加疏水调节阀 (51) 全开, 除氧器 (22) 同步进低焓值凝结水, 控制除氧器 (22) 的压力不高于 1.5MPa。

[0109] 贮水箱出口截止阀 (53) 具有可靠隔离超临界压力的能力, 贮水箱出口截止阀 (53) 与分离器水位调节阀 (31) 之间设置有压力传感器和可观察的疏水阀以确认贮水箱出口截止阀 (53) 关闭严密。贮水箱出口截止阀 (53) 打开的条件是: 汽水分离器压力不高于 9.0MPa; 1 号高加进汽截止阀 (40)、2 号高加进汽截止阀 (41)、3 号高加进汽截止阀 (42)、4 号高加进汽截止阀 (43) 均关闭严密; 1 号高加疏水调节阀 (48)、2 号高加疏水调节阀 (49)、3 号高加疏水调节阀 (50)、4 号高加疏水调节阀 (51) 均位于开度 70% 到 80% 的起始开度区域; 机组 DCS (分布式控制系统) 进入水水热交换器控制模式; 给水泵 (15) 工作正常, 给水泵出口阀 (14) 在开位; 以上条件同时满足, 与逻辑。

[0110] 分离器水位调节阀 (31) 为一笼式阀芯调节阀, 等百分比特性, 外壳可以承受超临界压力, 其 Kv 值应保证在进出口压差为 0.5MPa 时能够通过极热态启动水冷壁渡膨胀的大流量。

[0111] 除氧器 (22) 是内置式除氧器, 最高允许运行压力 2.0MPa, 汽轮机组满负荷除氧器运行压力不超过 1.3MPa, 直流炉在极热态启动时除氧器压力不高于 1.5MPa; 除氧器 (22) 设置有除氧器减压排汽阀 (52), 当除氧器压力高于 1.5MPa 时快速打开, 蒸汽排入凝汽器 (25) 的低压旁路入口; 当除氧器压力退回到 1.0MPa 时, 除氧器减压排汽阀 (52) 自动关闭。除氧器减压排汽阀 (52) 打开时除氧器减压排汽阀 (52) 出口压力不超过 0.7MPa, 凝汽器 (25) 内置的消能装置可以安全接受; 除氧器减压排汽阀 (52) 在进口压力 1.5MPa 时的排汽能力为 0.075BMCR 质量流量。

[0112] 机组 DCS (分布式控制系统) 协调控制汽水分离器 (6)、汽水分离器贮水箱 (7)、贮水箱出口截止阀 (53)、分离器水位调节阀 (31)、1 号高加进汽截止阀 (40)、2 号高加进汽截止阀 (41)、3 号高加进汽截止阀 (42)、4 号高加进汽截止阀 (43)、1 号高压加热器 (44)、2 号高压加热器 (45)、3 号高压加热器 (46)、4 号高压加热器 (47)、1 号高加疏水调节阀 (48)、2 号高加疏水调节阀 (49)、3 号高加疏水调节阀 (50)、4 号高加疏水调节阀 (51)、除氧器 (22)、除氧器减压排汽阀 (52) 安全、经济地完成直流炉启动过程。完成启动过程后, 机组 DCS 关闭贮水箱出口截止阀 (53) 可靠地隔离汽水分离器贮水箱 (7) 和 1 号高压加热器 (44) 壳侧, 机组 DCS 恢复高压加热器回热系统方式运行。

[0113] 直流炉低负荷运行及停炉过程是直流炉启动的逆过程。当直流炉负荷滑降到最低直流负荷时,汽水分离器(6)的压力滑降到9MPa或者更低,严密关闭1号高加进汽截止阀(40)、2号高加进汽截止阀(41)、3号高加进汽截止阀(42)、4号高加进汽截止阀(43),使1号高压加热器(44)、2号高压加热器(45)、3号高压加热器(46)、4号高压加热器(47)退出回热系统状态;机组DCS(分布式控制系统)切换到水水热交换器控制逻辑;DCS指令1号高加疏水调节阀(48)、2号高加疏水调节阀(49)、3号高加疏水调节阀(50)、4号高加疏水调节阀(51)均位于开度70%到80%的起始开度区域;当汽水分离器(6)出现可见水位,开启贮水箱出口截止阀(53)由分离器水位调节阀(31)在DCS控制下来调节汽水分离器(6)的水位,DCS协调控制1号高加疏水调节阀(48)、2号高加疏水调节阀(49)、3号高加疏水调节阀(50)、4号高加疏水调节阀(51)的开度,使1号高压加热器(44)、2号高压加热器(45)、3号高压加热器(46)、4号高压加热器(47)的壳侧压力在各自目标值;停炉疏水经贮水箱出口截止阀(53)、分离器水位调节阀(31)进入1号高压加热器(44)的壳侧,冷却后,经1号高加疏水调节阀(48)减压,进入2号高压加热器(45)的壳侧,冷却后,经2号高加疏水调节阀(49)减压,进入3号高压加热器(46)的壳侧,冷却后,经3号高加疏水调节阀(50)减压,进入4号高压加热器(47)的壳侧,冷却后,经4号高加疏水调节阀(51)减压,排入除氧器(22);给水泵(15)从除氧器(22)吸入低压给水,增压后成为高压给水,经给水泵出口阀(14),依次流经4号高压加热器(47)、3号高压加热器(46)、2号高压加热器(45)、1号高压加热器(44)的管侧,逐级升温后进入省煤器(5),完成工质和热量的全面回收。

[0114] 停炉期间停炉疏水量颇少于给水量,除氧器(22)的压力是下滑的,与启动工况相比更为安全。

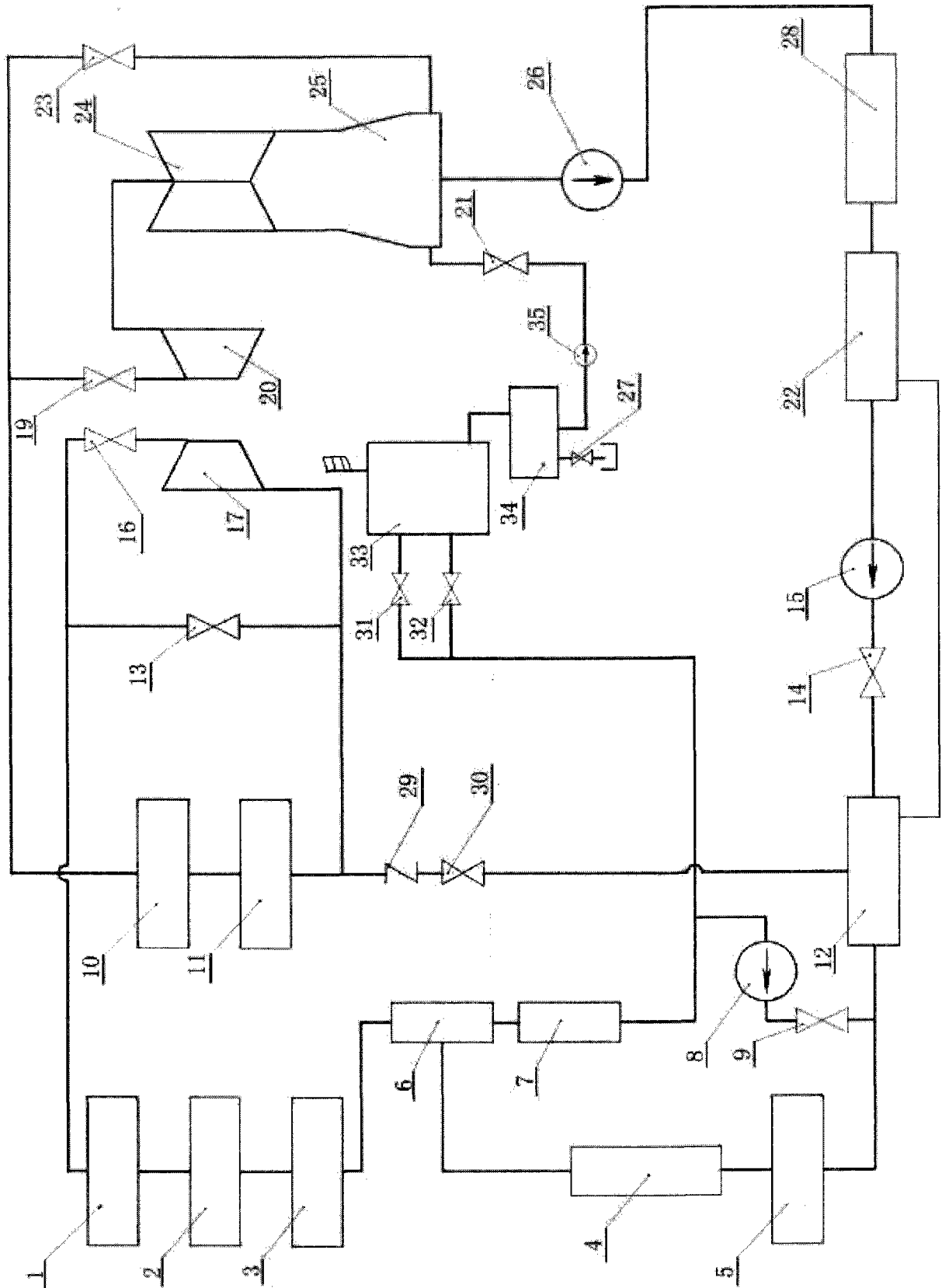


图 1



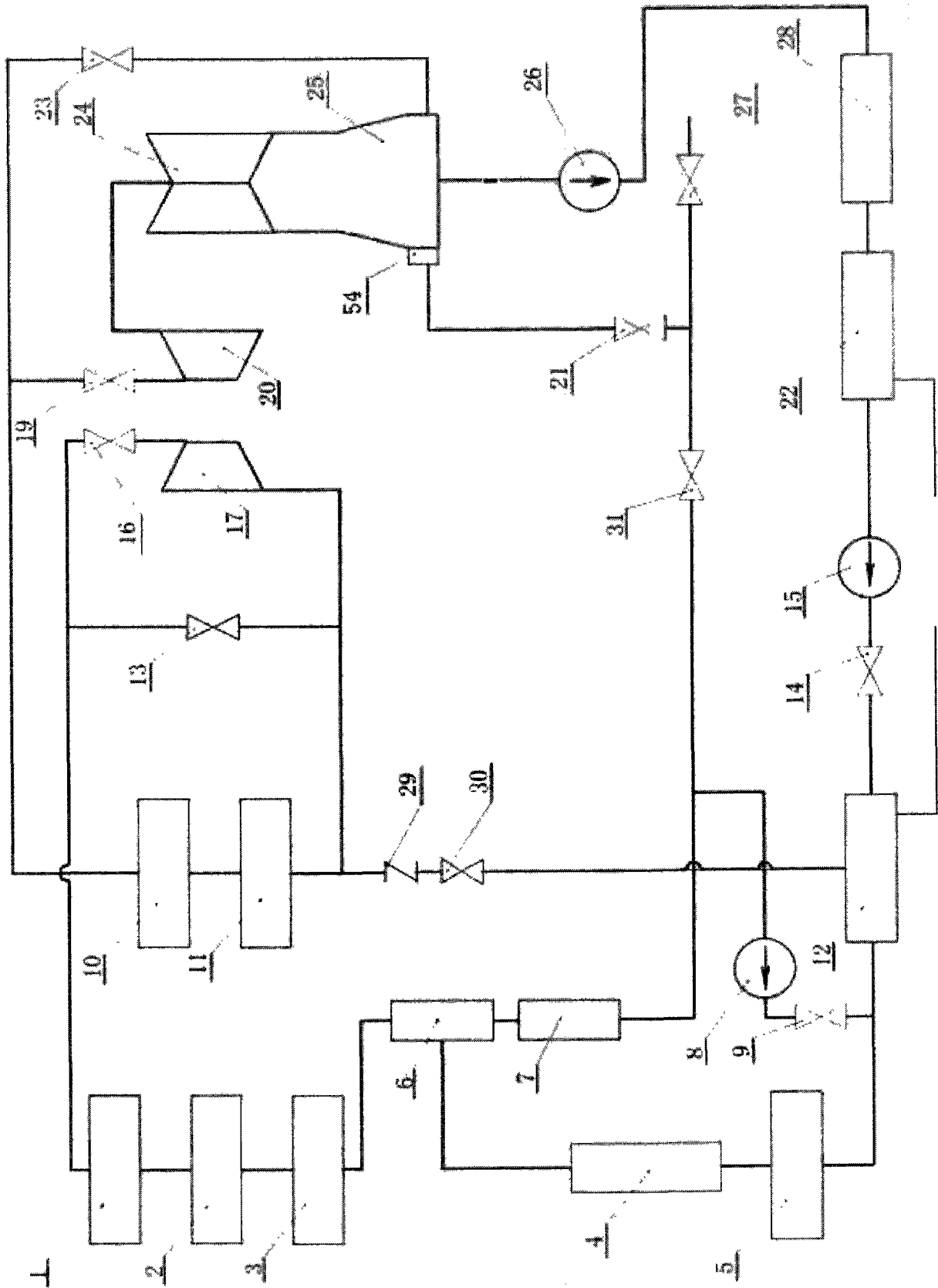


图 2

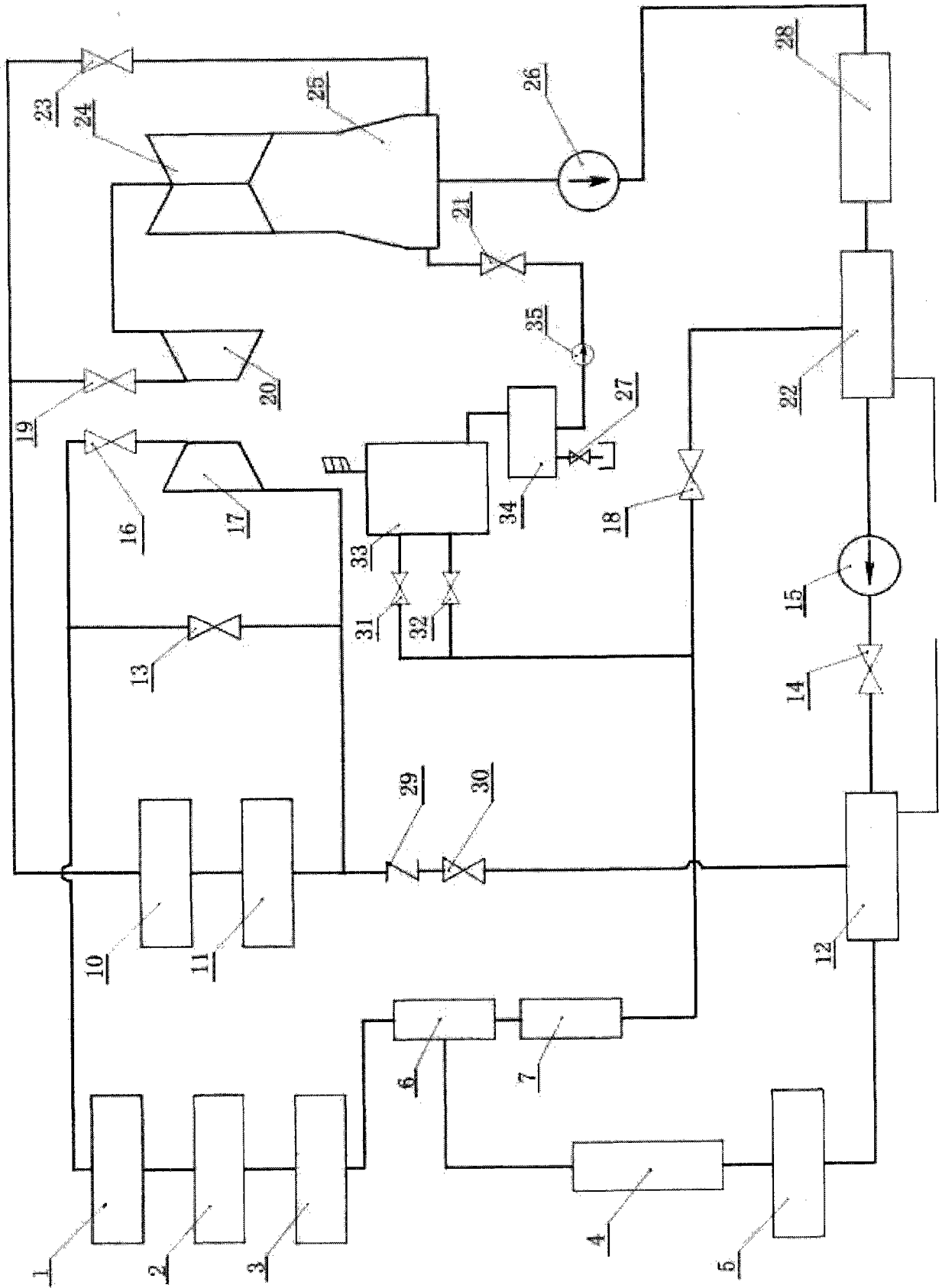


图 3

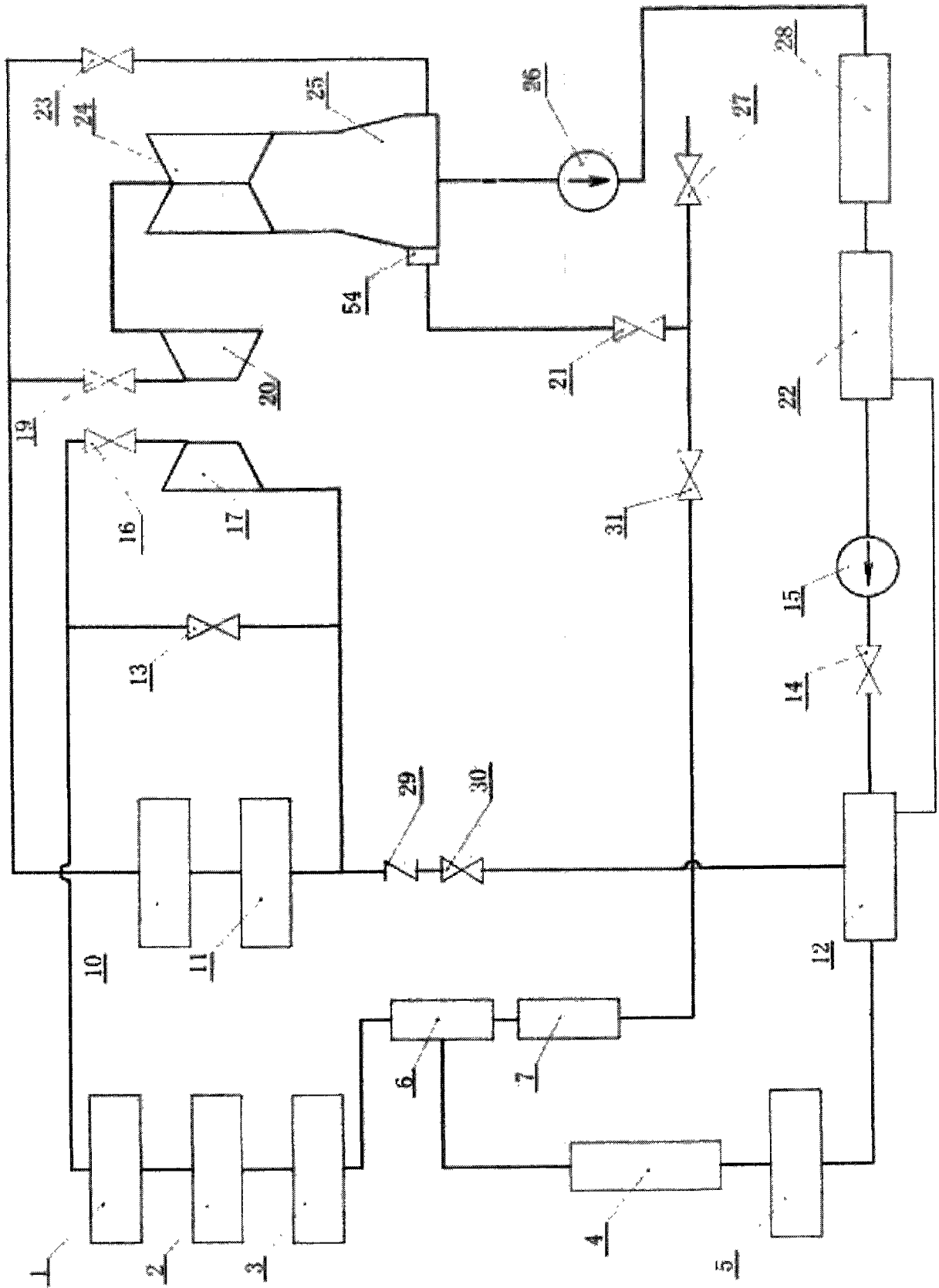


图 4

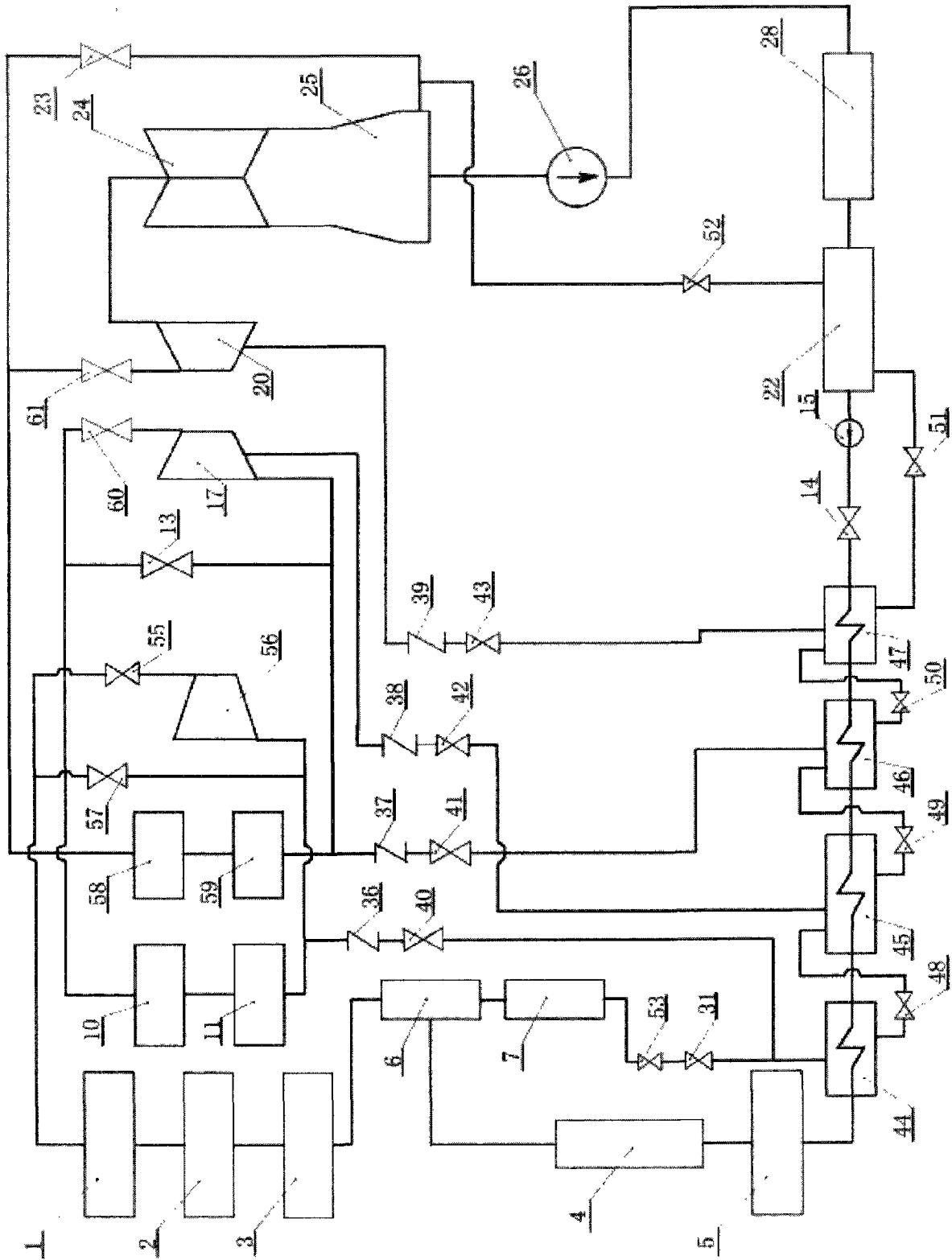


图 5