



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107883369 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 09

(21) 申请号 201711241985.7

(22) 申请日 2017.11.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107883369 A

(43) 申请公布日 2018.04.06

(73) 专利权人 华电电力科学研究院有限公司  
地址 310030 浙江省杭州市西湖区三墩镇  
西园一路10号

(72) 发明人 高新勇 陈菁 孙士恩 俞聪  
郑立军 费盼峰 何晓红 王伟  
王宏石 李开创

(74) 专利代理机构 杭州天欣专利事务所(普通  
合伙) 33209  
专利代理师 屠福河

(51) Int. Cl.

F22D 1/32 (2006.01)

F22D 1/50 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 207716403 U, 2018.08.10

CN 103644004 A, 2014.03.19

CN 104456519 A, 2015.03.25

CN 104482530 A, 2015.04.01

CN 106247312 A, 2016.12.21

CN 107270274 A, 2017.10.20

CN 205939097 U, 2017.02.08

JP 2011127786 A, 2011.06.30

JP 6224858 B1, 2017.11.01

US 2012048215 A1, 2012.03.01

审查员 王晶

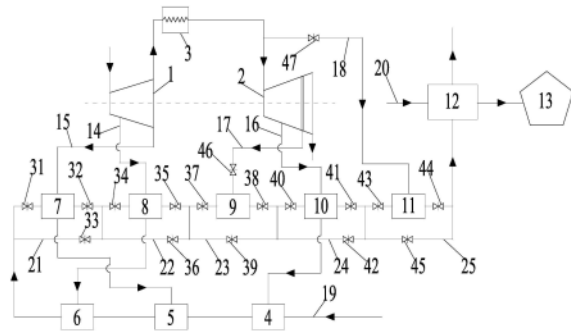
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统  
及调节方法

(57) 摘要

本发明公开了一种适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统,包括汽轮机高压缸、汽轮机中压缸、再热器、三级高压加热器、二级高压加热器、一级高压加热器、第一蒸汽冷却器、第二蒸汽冷却器、工业蒸汽换热器、第三蒸汽冷却器、再热蒸汽换热器、省煤器、脱硝装置,汽轮机高压缸、再热器与汽轮机中压缸依次连接,除氧给水管依次连接三级高压加热器、二级高压加热器、一级高压加热器、第一蒸汽冷却器、第二蒸汽冷却器、工业蒸汽换热器、第三蒸汽冷却器、再热蒸汽换热器和省煤器,汽轮机中压缸分别与三级高加抽汽管、工业抽汽管连接,工业抽汽管与工业蒸汽换热器连接,再热抽汽管分别与再热器的出汽口、再热蒸汽换热器进汽口连接。



1. 一种适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统的调节方法,其特征在于,所述适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统包括汽轮机高压缸(1)、汽轮机中压缸(2)、再热器(3)、三级高压加热器(4)、二级高压加热器(5)、一级高压加热器(6)、第一蒸汽冷却器(7)、第二蒸汽冷却器(8)、工业蒸汽换热器(9)、第三蒸汽冷却器(10)、再热蒸汽换热器(11)、省煤器(12)、脱硝装置(13),汽轮机高压缸(1)的排汽口与再热器(3)的进汽口连接,再热器(3)的出汽口与汽轮机中压缸(2)的进汽口连接,除氧给水管(19)依次连接着三级高压加热器(4)、二级高压加热器(5)、一级高压加热器(6)、第一蒸汽冷却器(7)、第二蒸汽冷却器(8)、工业蒸汽换热器(9)、第三蒸汽冷却器(10)、再热蒸汽换热器(11)和省煤器(12),对除氧给水进行加热,汽轮机高压缸(1)分别与一级高加抽汽管(14)、二级高加抽汽管(15)连接,一级高加抽汽管(14)依次连接着第二蒸汽冷却器(8)、一级高压加热器(6),二级高加抽汽管(15)依次连接着第一蒸汽冷却器(7)、二级高压加热器(5),汽轮机中压缸(2)分别与三级高加抽汽管(16)、工业抽汽管(17)连接,三级高加抽汽管(16)依次连接着第三蒸汽冷却器(10)、三级高压加热器(4),工业抽汽管(17)与工业蒸汽换热器(9)连接,再热抽汽管(18)分别与再热器(3)的出汽口、再热蒸汽换热器(11)的进汽口连接,烟气管道(20)依次连接着省煤器(12)、脱硝装置(13);所述第一蒸汽冷却器(7)的除氧给水管(19)设置有第一给水旁路(21),且在第一蒸汽冷却器(7)的除氧给水进水管、出水管与第一给水旁路(21)上分别装有第一阀门(31)、第二阀门(32)、第三阀门(33);所述第二蒸汽冷却器(8)的除氧给水管(19)设置有第二给水旁路(22),且在第二蒸汽冷却器(8)的除氧给水进水管、出水管与第二给水旁路(22)上分别装有第四阀门(34)、第五阀门(35)、第六阀门(36);所述工业蒸汽换热器(9)的除氧给水管(19)设置有第三给水旁路(23),且在工业蒸汽换热器(9)的除氧给水进水管、出水管与第三给水旁路(23)上分别装有第七阀门(37)、第八阀门(38)、第九阀门(39);所述第三蒸汽冷却器(10)的除氧给水管(19)设置有第四给水旁路(24),且在第三蒸汽冷却器(10)的除氧给水进水管、出水管与第四给水旁路(24)上分别装有第十阀门(40)、第十一阀门(41)、第十二阀门(42);所述再热蒸汽换热器(11)的除氧给水管(19)设置有第五给水旁路(25),且在再热蒸汽换热器(11)的除氧给水进水管、出水管与第五给水旁路(25)上分别装有第十三阀门(43)、第十四阀门(44)、第十五阀门(45);所述工业抽汽管(17)上装有第十六阀门(46),所述再热抽汽管(18)上装有第十七阀门(47);所述调节方法根据汽轮机组是否参与电网调峰及运行时的负荷大小情况,按照如下步骤进行调节:

(1) 当汽轮机组不参与电网调峰且机组负荷较大时,关闭第十六阀门(46)、第七阀门(37)、第八阀门(38),打开第九阀门(39)使除氧给水通过第三给水旁路(23),工业蒸汽换热器(9)不投入运行,关闭第十七阀门(47)、第十三阀门(43)、第十四阀门(44),打开第十五阀门(45)使除氧给水通过第五给水旁路(25),再热蒸汽换热器(11)不投入运行,通过打开并调节第一阀门(31)、第二阀门(32)、第三阀门(33)、第四阀门(34)、第五阀门(35)、第六阀门(36)、第十阀门(40)、第十一阀门(41)、第十二阀门(42)的开关程度,使经省煤器(12)换热后的出口烟气温度达到脱硝装置(13)的工艺需求;

(2) 当汽轮机组参与电网调峰,机组负荷较大且经省煤器(12)换热后的出口烟气温度达不到脱硝装置(13)的工艺需求时,在上述步骤(1)的基础上,打开第十六阀门(46),工业蒸汽换热器(9)投入运行,通过打开并调节第七阀门(37)、第八阀门(38)、第九阀门(39)的开关程度,使经省煤器(12)换热后的出口烟气温度达到脱硝装置(13)的工艺需求;

(3) 当汽轮机组参与电网调峰, 机组负荷较小且经省煤器(12) 换热后的出口烟气温度达不到脱硝装置(13) 的工艺需求时, 在上述步骤(2) 的基础上, 打开第十七阀门(47), 再热蒸汽换热器(11) 投入运行, 通过打开并调节第十三阀门(43)、第十四阀门(44)、第十五阀门(45) 的开关程度, 使经省煤器(12) 换热后的出口烟气温度达到脱硝装置(13) 的工艺需求。

2. 根据权利要求1所述的适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统的调节方法, 其特征在于, 所述三级高压加热器(4)、二级高压加热器(5)、一级高压加热器(6)、工业蒸汽换热器(9)、再热蒸汽换热器(11) 采用间壁式换热设备或者直接接触式换热设备。

## 适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统及调节方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于火电灵活性技术领域,具体涉及一种适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统及调节方法,尤其适用于机组负荷调峰的火电厂。

### 背景技术

[0002] 目前,我国政策逐渐重视新能源的推广,降低火电机组的比例。截止2012年底,我国已有44.8GW的风电装机容量。但是风电具有很强的随机性、间歇性、不可控性及反调峰特性,这就逐渐增大了火电机组进行电网调峰的难度。为了能有效消纳新能源资源,国家逐渐加大了火电机组调峰的政策性要求,如国家能源局东北监管局关于印发《东北电力调峰辅助服务市场监管办法(试行)》及其补充规定要求提升清洁能源消纳空间,同时规定了“阶梯式”补偿机制。由此可见,国家政策正逐步加大对火电机组调峰能力的补偿力度,对于火电机组,充分发挥其调峰潜力,将有利于提升其市场的适应性。然而国家环保对火电机组氮氧化物排放的限制十分严格,要求:火电厂排放的烟气要实现全负荷下氮氧化物排放均低于 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。现有的SCR脱硝装置在锅炉负荷低于50%左右及以下时反应效率严重下降,不能满足排污排放标准的要求,限制了火电机组调峰能力的发挥。

[0003] 目前,主要是通过改造省煤器的技术手段来解决该问题,如专利1:省煤器分段锅炉全负荷低 $\text{NO}_x$ 装置及改造方法(专利号201510701175.X),通过将省煤器分成高温段、中温段、低温段,同时将脱硝装置反应区设置在温度较高的高温段和低温段,从而解决该问题,但是该技术弊端是改造范围较大,且锅炉尾部原有布置紧凑,不适于大范围的进行改造,另外,当机组负荷较高时,烟气温度过高,使得脱硝装置反应区的烟气温度急剧升高,从而降低了脱硝的反应效率;专利2:一种可实现全负荷投运的高效SCR脱硝结构和方法(专利号201710168504.8),通过对脱硝装置的反应区分成第一层、第二层、第三层,分别在对应位置设置第一级省煤器、第二级省煤器,从而解决该问题,但是该技术的最大弊端是改造复杂,改造范围大,不易于在布置紧凑的锅炉尾部展开实施。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统及调节方法,具有设计合理,改造简单、费用低廉、性能可靠,调节简单的优点。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明的适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统,所述加热系统包括汽轮机高压缸、汽轮机中压缸、再热器、三级高压加热器、二级高压加热器、一级高压加热器、第一蒸汽冷却器、第二蒸汽冷却器、工业蒸汽换热器、第三蒸汽冷却器、再热蒸汽换热器、省煤器、脱硝装置,汽轮机高压缸的排汽口与再热器的进汽口连接,再热器的出汽口与汽轮机中压缸的进汽口连接,除氧水管依次连接着三级高压加热器、二级高压加热器、一级高压加热器、第一蒸汽冷却器、第二蒸汽冷却器、工业蒸汽换热器、第三蒸汽冷却器、再热蒸汽换热器和省煤器,对除氧给水进行加热,汽轮机高压缸分别与一级高加抽汽管、二级高加抽汽管连接,一级高加抽汽管依次连接着第二蒸汽冷却器、一级高压加

热器,二级高加抽汽管依次连接着第一蒸汽冷却器、二级高压加热器,汽轮机中压缸分别与三级高加抽汽管、工业抽汽管连接,三级高加抽汽管依次连接着第三蒸汽冷却器、三级高压加热器,工业抽汽管与工业蒸汽换热器连接,再热抽汽管分别与再热器的出汽口、再热蒸汽换热器的进汽口连接,烟气管道依次连接着省煤器、脱硝装置。

[0006] 作为优选,所述第一蒸汽冷却器的除氧给水管设置有第一给水旁路,且在第一蒸汽冷却器的除氧给水进水管、出水管与第一给水旁路上分别装有第一阀门、第二阀门、第三阀门。

[0007] 作为优选,所述第二蒸汽冷却器的除氧给水管设置有第二给水旁路,且在第二蒸汽冷却器的除氧给水进水管、出水管与第二给水旁路上分别装有第四阀门、第五阀门、第六阀门。

[0008] 作为优选,所述工业蒸汽换热器的除氧给水管设置有第三给水旁路,且在工业蒸汽换热器的除氧给水进水管、出水管与第三给水旁路上分别装有第七阀门、第八阀门、第九阀门。

[0009] 作为优选,所述第三蒸汽冷却器的除氧给水管设置有第四给水旁路,且在第三蒸汽冷却器的除氧给水进水管、出水管与第四给水旁路上分别装有第十阀门、第十一阀门、第十二阀门。

[0010] 作为优选,所述再热蒸汽换热器的除氧给水管设置有第五给水旁路,且在再热蒸汽换热器的除氧给水进水管、出水管与第五给水旁路上分别装有第十三阀门、第十四阀门、第十五阀门。

[0011] 作为优选,所述工业抽汽管上装有第十六阀门,所述再热抽汽管上装有第十七阀门。

[0012] 作为优选,所述三级高压加热器、二级高压加热器、一级高压加热器、工业蒸汽换热器、再热蒸汽换热器采用间壁式换热设备或者直接接触式换热设备。

[0013] 为解决上述技术问题,本发明的适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统的调节方法,所述调节方法根据汽轮机组是否参与电网调峰及运行时的负荷大小情况,按照如下步骤进行调节:

[0014] (1)当汽轮机组不参与电网调峰且机组负荷较大时,关闭第十六阀门(46)、第七阀门(37)、第八阀门(38),打开第九阀门(39)使除氧给水通过第三给水旁路(23),工业蒸汽换热器(9)不投入运行,关闭第十七阀门(47)、第十三阀门(43)、第十四阀门(44),打开第十五阀门(45)使除氧给水通过第五给水旁路(25),再热蒸汽换热器(11)不投入运行,通过打开并调节第一阀门(31)、第二阀门(32)、第三阀门(33)、第四阀门(34)、第五阀门(35)、第六阀门(36)、第十阀门(40)、第十一阀门(41)、第十二阀门(42)的开关程度,使经省煤器(12)换热后的出口烟气温度达到脱硝装置(13)的工艺需求;

[0015] (2)当汽轮机组参与电网调峰,机组负荷较大且经省煤器(12)换热后的出口烟气温度达不到脱硝装置(13)的工艺需求时,在上述步骤(1)的基础上,打开第十六阀门(46),工业蒸汽换热器(9)投入运行,通过打开并调节第七阀门(37)、第八阀门(38)、第九阀门(39)的开关程度,使经省煤器(12)换热后的出口烟气温度达到脱硝装置(13)的工艺需求;

[0016] (3)当汽轮机组参与电网调峰,机组负荷较小且经省煤器(12)换热后的出口烟气温度达不到脱硝装置(13)的工艺需求时,在上述步骤(2)的基础上,打开第十七阀门(47),

再热蒸汽换热器(11)投入运行,通过打开并调节第十三阀门(43)、第十四阀门(44)、第十五阀门(45)的开关程度,使经省煤器(12)换热后的出口烟气温度的达到脱硝装置(13)的工艺需求。

[0017] 本发明与现有技术相比,具有以下优点和效果:(1)充分回收利用各级高加抽汽的过热度,再抽汽做功能力损失最低的情况下,提高了锅炉给水的温度,提升了火电机组的综合能源利用效率;(2)利用工业抽汽、再热抽汽来加热除氧给水,通过增加进入省煤器的给水温度来提高省煤器的出口烟气温度的,从而提高进入脱硝装置的烟气温度的,在充分发挥火电机组调峰能力的同时,有效保证了脱硝的反应效率;(3)另外,利用工业抽汽、再热抽汽来加热除氧给水,减少了汽轮机组通流部分的做功蒸汽流量,从而进一步提升了机组的调峰能力。

## 附图说明

[0018] 图1是本发明适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统示意图。

## 具体实施方式

[0019] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0020] 如图1所示,适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统,所述加热系统包括汽轮机高压缸1、汽轮机中压缸2、再热器3、三级高压加热器4、二级高压加热器5、一级高压加热器6、第一蒸汽冷却器7、第二蒸汽冷却器8、工业蒸汽换热器9、第三蒸汽冷却器10、再热蒸汽换热器11、省煤器12和脱硝装置13,来自电站蒸汽锅炉的高压蒸汽进入汽轮机高压缸1,汽轮机高压缸1的排汽口与再热器3的进汽口连接,再热器3的出汽口与汽轮机中压缸2的进汽口连接,汽轮机中压缸2的排汽进入汽轮机低压缸继续做功,除氧给水管19依次连接着三级高压加热器4、二级高压加热器5、一级高压加热器6、第一蒸汽冷却器7、第二蒸汽冷却器8、工业蒸汽换热器9、第三蒸汽冷却器10、再热蒸汽换热器11和省煤器12,对除氧给水进行加热,汽轮机高压缸1分别与一级高加抽汽管14、二级高加抽汽管15连接,一级高加抽汽管14依次连接着第二蒸汽冷却器8、一级高压加热器6,一级高加抽汽通过第二蒸汽冷却器8和一级高压加热器6对除氧给水进行加热,二级高加抽汽管15依次连接着第一蒸汽冷却器7、二级高压加热器5,二级高加抽汽通过第一蒸汽冷却器7和二级高压加热器5对除氧给水进行加热,汽轮机中压缸2分别与三级高加抽汽管16、工业抽汽管17连接,三级高加抽汽管16依次连接着第三蒸汽冷却器10、三级高压加热器4,三级高加抽汽通过第三蒸汽冷却器10和三级高压加热器4对除氧给水进行加热,工业抽汽管17与工业蒸汽换热器9连接,对除氧给水进行加热,再热抽汽管18分别与再热器3的出汽口、再热蒸汽换热器11的进汽口连接,再热抽汽通过再热蒸汽换热器11对除氧给水进行加热,烟气管道20依次连接着省煤器12、脱硝装置13,在省煤器12中除氧给水和烟气进行换热,除氧给水温度提高进入电站蒸汽锅炉,烟气温度的降低达到脱硝温度。

[0021] 作为优选,所述第一蒸汽冷却器7的除氧给水管19设置有第一给水旁路21,且在第一蒸汽冷却器7的除氧给水进水管、出水管与第一给水旁路21上分别装有第一阀门31、第二阀门32、第三阀门33。

[0022] 作为优选,所述第二蒸汽冷却器8的除氧给水管19设置有第二给水旁路22,且在第

二蒸汽冷却器8的除氧给水进水管、出水管与第二给水旁路22上分别装有第四阀门34、第五阀门35、第六阀门36。

[0023] 作为优选,所述工业蒸汽换热器9的除氧给水管19设置有第三给水旁路23,且在工业蒸汽换热器9的除氧给水进水管、出水管与第三给水旁路23上分别装有第七阀门37、第八阀门38、第九阀门39。

[0024] 作为优选,所述第三蒸汽冷却器10的除氧给水管19设置有第四给水旁路24,且在第三蒸汽冷却器10的除氧给水进水管、出水管与第四给水旁路24上分别装有第十阀门40、第十一阀门41、第十二阀门42。

[0025] 作为优选,所述再热蒸汽换热器11的除氧给水管19设置有第五给水旁路25,且在再热蒸汽换热器11的除氧给水进水管、出水管与第五给水旁路25上分别装有第十三阀门43、第十四阀门44、第十五阀门45。

[0026] 作为优选,所述工业抽汽管17上装有第十六阀门46,所述再热抽汽管18上装有第十七阀门47。

[0027] 作为优选,所述三级高压加热器4、二级高压加热器5、一级高压加热器6、工业蒸汽换热器9、再热蒸汽换热器11的换热器类型根据具体热电厂的回热系统来确定,可以是间壁式换热设备,也可以是直接接触式换热设备。

[0028] 一种根据上述适应机组宽负荷脱硝的锅炉给水梯级加热系统的调节方法,所述调节方法根据汽轮机组是否参与电网调峰及运行时的负荷大小情况,按照如下步骤进行调节:

[0029] (1)当汽轮机组不参与电网调峰且机组负荷较大时,关闭第十六阀门46、第七阀门37、第八阀门38,打开第九阀门39使除氧给水通过第三给水旁路23,工业蒸汽换热器9不投入运行,关闭第十七阀门47、第十三阀门43、第十四阀门44,打开第十五阀门45使除氧给水通过第五给水旁路25,再热蒸汽换热器11不投入运行,通过打开并调节第一阀门31、第二阀门32、第三阀门33、第四阀门34、第五阀门35、第六阀门36、第十阀门40、第十一阀门41、第十二阀门42的开关程度,使经省煤器12换热后的出口烟气温度达到脱硝装置13的工艺需求;利用各级高加抽汽对除氧给水进行预加热,充分回收各级高加抽汽的过热度,减少三级高压加热器4、二级高压加热器5、一级高压加热器6中的换热温差,降低不可逆损失;

[0030] (2)当汽轮机组参与电网调峰,机组负荷较大且经省煤器12换热后的出口烟气温度达不到脱硝装置13的工艺需求时,在上述步骤(1)的基础上,打开第十六阀门46,工业蒸汽换热器9投入运行,通过打开并调节第七阀门37、第八阀门38、第九阀门39的开关程度,使经省煤器12换热后的出口烟气温度达到脱硝装置13的工艺需求;

[0031] 当汽轮机组参与电网调峰时,机组负荷逐渐降低,烟气总量与初始温度逐渐降低,经省煤器12换热后的出口烟气温度也逐渐降低,直到无法达到脱硝装置13的工艺需求,在上述操作步骤(1)的基础上,打开第十六阀门46,工业蒸汽换热器9投入运行,此时,打开并调节第七阀门37、第八阀门38、第九阀门39,利用工业抽汽加热除氧给水,来提高进入省煤器12的除氧给水温度,从而提高省煤器12的出口烟气温度,使经省煤器12换热后的出口烟气温度达到脱硝装置13的工艺需求;

[0032] (3)当汽轮机组参与电网调峰,机组负荷较小且经省煤器12换热后的出口烟气温度达不到脱硝装置13的工艺需求时,在上述步骤(2)的基础上,打开第十七阀门47,再热蒸

汽换热器11投入运行,通过打开并调节第十三阀门43、第十四阀门44、第十五阀门45的开关程度,使经省煤器12换热后的出口烟气温度达到脱硝装置13的工艺需求。

[0033] 当汽轮机组参与电网调峰时,机组负荷更加降低,烟气总量与初始温度更加减少,利用工业蒸汽换热器9仍不能满足需求时(即经省煤器12换热后的出口烟气温度达不到脱硝装置13的工艺需求),此时,打开第十七阀门47,再热蒸汽换热器11投入运行,此时,打开并调节第十三阀门43、第十四阀门44、第十五阀门45,利用再热蒸汽加热除氧给水,来进一步提高进入省煤器12的除氧给水温度,从而进一步提高省煤器12的出口烟气温度,使经省煤器12换热后的出口烟气温度达到脱硝装置13的工艺需求。

[0034] 此外,需要说明的是,本说明书中所描述的具体实施例,其零、部件的形状、所取名称等可以不同,本说明书中所描述的以上内容仅仅是对本发明结构所作的举例说明。凡依据本发明专利构思所述的构造、特征及原理所做的等效变化或者简单变化,均包括于本发明专利的保护范围内。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,只要不偏离本发明的结构或者超越本权利要求书所定义的范围,均应属于本发明的保护范围。

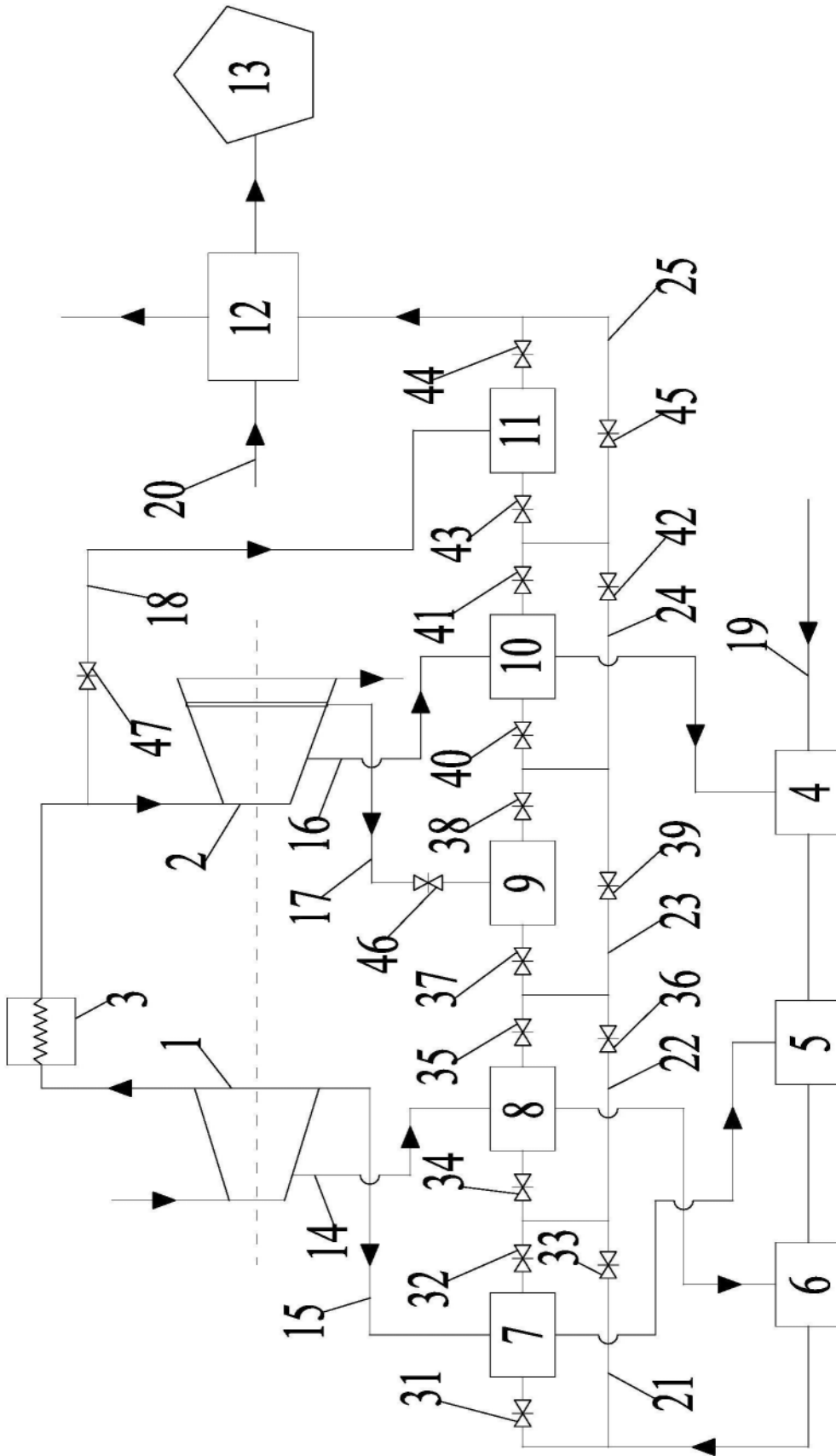


图1