(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102628401 A
(43)申请公布日 2012.08.08

(21)申请号 201210122465.5

(22)申请日 2012.04.24

(71)申请人 哈尔滨工业大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街92号

(72)发明人 孙绍增 孟顺 许焕焕 邱朋华 孙锐 赵义军 郭洋洲 吴少华 秦裕琨

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109
代理人 杨立超

(51)Int.Cl.
F02C 3/04(2006.01)
F02C 3/30(2006.01)
F01D 25/32(2006.01)

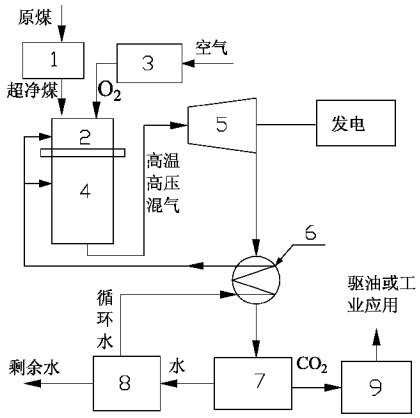
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54)发明名称

一种煤基燃料近零排放发电系统及方法

(57)摘要

一种煤基燃料近零排放发电系统及方法，它涉及煤基燃料CO_2零排放发电技术领域。原煤经过去矿物质预处理，得到超净煤，在高压燃烧室中实现纯氧条件下燃烧，把逐级喷入燃烧室内的水直接加热成高温高压混合气体，推动先进的透平做功，排气经过冷凝器冷凝后得到高浓度的CO_2，最终实现大气污染物的零排放。本发明还提出了实现上述过程的系统，以去矿物质预处理系统、超净煤纯氧燃烧器、空气分离系统、高压燃烧室、先进透平、冷凝器、水净化处理系统和CO_2回收处理装置为主要组件。本发明解决了常规发电方式污染物排放高、CO_2捕集成本高的问题，实现了燃煤的高效清洁利用和污染物零排放。



CN 102628401 A

1. 一种煤基燃料近零排放发电系统，所述发电系统包括去矿物质预处理系统 (1)、超净煤纯氧燃烧器 (2)、空气分离系统 (3)、高压燃烧室 (4)、先进透平 (5)、循环水预热器 (6)、冷凝器 (7)、水净化处理系统 (8) 和 CO_2 回收处理装置 (9)；其特征在于：去矿物质预处理系统 (1) 用于去除原煤中的矿物质，去矿物质预处理系统 (1) 的超净煤出口与超净煤纯氧燃烧器 (2) 相连，空气分离系统 (3) 的氧气出口与超净煤纯氧燃烧器 (2) 相连，超净煤纯氧燃烧器 (2) 和高压燃烧室 (4) 相配合以保证高压纯氧燃烧，高压燃烧室 (4) 的混气出口与先进透平 (5) 通过管道连接，高压燃烧室 (4) 的混气出口输出的高温高压的混气推动先进透平 (5) 做功，先进透平 (5) 带动发电机发电，先进透平 (5) 的排气出口与循环水预热器 (6) 的混气入口相连以预热循环水，循环水预热器 (6) 的混气出口和冷凝器 (7) 相连，冷凝器 (7) 的 CO_2 出口和 CO_2 回收处理装置 (9) 相连，冷凝器 (7) 的回收水出口和水净化处理系统 (8) 相连，净化处理回收水。

2. 根据权利要求 1 所述的煤基燃料近零排放发电系统，其特征在于，所述去矿物质预处理系统 (1) 去除所给入原煤中的矿物质，得到灰份质量分数低于 0.1％的超净煤。

3. 根据权利要求 1 所述的煤基燃料近零排放发电系统，其特征在于，所述超净煤纯氧燃烧器 (2) 具有超净煤、氧气和循环水三个入口，而且超净煤纯氧燃烧器 (2) 上还设有点火装置，超净煤纯氧燃烧器 (2) 和高压燃烧室 (4) 配合，实现超净煤、氧气和循环水的给入和较好混合。

4. 根据权利要求 1 所述的煤基燃料近零排放发电系统，其特征在于，所述的高压燃烧室 (4) 具有多级喷水混合结构，实现在超净煤和氧气燃烧过程中逐级喷入循环水，循环水和高温燃气均匀混合并加热成高温蒸汽。

5. 根据权利要求 1 所述的煤基燃料近零排放发电系统，其特征在于，所述先进透平 (5) 直接和高压燃烧室 (4) 连接，所述先进透平 (5) 为以高温高压的混气为做功工质的多级多介质透平。

6. 根据权利要求 1、2 或 3 所述的煤基燃料近零排放发电系统，其特征在于：水净化处理系统 (8) 的一个出口和循环水的管道入口相连，超净煤纯氧燃烧器 (2) 和高压燃烧室 (4) 的循环水入口与循环水管道出口相连。

7. 采用权利要求 1 所述系统的煤基燃料近零排放发电方法，其特征在于：所述方法的具体步骤如下：步骤一、原煤经去矿物质预处理系统 (1) 预处理得到超净煤；空气经空气分离系统得到氧气；步骤二、超净煤和氧气经超净煤纯氧燃烧器 (2) 进入高压燃烧室 (4)，在高压燃烧室 (4) 中实现纯氧条件下燃烧；步骤三、燃烧过程中把喷入高压燃烧室 (4) 内的水加热汽化，得到高温高压的混气，推动先进透平 (5) 做功，带动发电机发电；步骤四、先进透平 (5) 排气预热循环水后经冷凝器 (7) 冷凝分离，得到高浓度的 CO_2 气体，进入 CO_2 回收处理装置 (9)；步骤五、冷凝器 (7) 分离得到的水进入水净化处理系统 (8)，实现大气污染物的零排放。

8. 根据权利要求 7 所述的煤基燃料近零排放发电方法，其特征在于：在步骤三中，超净煤和氧气在 2-10Mpa 高压条件下燃烧，燃烧过程中逐级喷入循环水，在纯氧燃烧火焰中直接将水加热为高温蒸汽，形成主要由水蒸气和 CO_2 组成的高温高压混气。

9. 根据权利要求 7 所述的煤基燃料近零排放发电方法，其特征在于：在步骤四中，先进透平 (5) 排气中的水蒸气经冷凝器冷凝为水，然后和 CO_2 分离，得到高浓度的 CO_2 气体。

10. 根据权利要求 7 所述的煤基燃料近零排放发电方法，其特征在于：在步骤五中，冷凝器中得到的水经水净化处理系统 (8) 进行净化处理，处理后的水满足循环水要求，部分作为循环水，经水循环系统给入高压燃烧室 (4)。

一种煤基燃料近零排放发电系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及煤基燃料 CO_2 零排放发电技术领域，特别涉及一种煤基燃料氧燃烧近零排放发电系统及方法。

背景技术

[0002] 气候变暖已成为 21 世纪人类面临的最大环境问题。控制全球气候变化，关键是控制 CO_2 的排放。燃煤电站是 CO_2 的最大排放者之一，开发研究新型固体燃料利用技术，实现高效零污染排放的发电技术具有重要意义。常规煤粉锅炉电站降低 CO_2 排放难题是：烟气中 CO_2 的体积浓度低，只有 12% -15%左右，分离难度大，发电成本大幅度增加，电厂的整体效率下降将近 12 个百分点。保证高的发电效率同时实现 CO_2 的零排放是煤基燃料利用的难题。

[0003] 目前国内外所提出的 CO_2 零排放系统，着眼于煤炭的高效转化利用，主要以煤气化为基础。主要的 CO_2 零排放系统包括两条路径：一是整体煤气化循环 (IGCC) 技术，通过对合成气中 CO 转换并进行 CO_2 分离，可实现燃烧前的 CO_2 捕集，其关键是燃氢燃料的燃气轮机技术的开发，由于氢燃机开发难度大，至今还没有试制成功；二是基于 CO_2 接受体法的零排放发电系统，主要有美国零排放煤利用联盟 (ZECA) 提出的无氧煤气化零排放系统、日本新能源综合开发机构 (NEDO) 提出的 HyPr — Ring 系统、浙江大学提出的新型近零排放煤气化燃烧集成利用系统、中科院工程热物理研究所提出的煤制氢零排放系统等，但由于系统复杂，放大困难，主要在实验室研究阶段。富氧燃烧技术是目前最具前景的碳捕捉及储存技术之一，目前国内外正在大力发展氧燃烧燃煤发电技术，利用 CO_2/H_2O 代替传统助燃空气中的氮气，与氧气一起参与燃烧，尾气中 CO_2 的浓度大幅提高。氧燃烧正朝第三代氧燃烧技术发展，CANMET 能源技术中心 C.Salvador 提出该概念 (Hydroxy-Fuel)，用蒸汽代替再循环烟气来调节火焰温度。美国的 R.Anderson 和 F.Viteri 等提出了以天然气为燃料、采用水作为稀释剂的氧燃烧高温郎肯循环先进发电系统的概念，计算表明发电效率可提高到 67%，并且实现 CO_2 的零排放。该燃烧方式在氧燃烧火焰中直接完成水的加热汽化，同时改变水量进行燃烧温度的调节，替代了传统锅炉间接加热的方法，有望达到更高的系统效率。

[0004] 洁净煤炭利用技术是煤炭高效清洁利用的重要技术，对原煤进行去矿物质处理，利用超净煤 (Ultra Clean Coal，UCC) 或者超级煤 (Hyper-coal) 技术能够得到含灰量低于 0.1%的超净煤，采用 Hyper-coal 技术得到的超净煤其灰含量可以降到 0.05%以下，灰粒径小于 0.5um，能够满足了燃气轮机的性能要求，应用于燃气轮机循环。通过优化去矿物质处理过程，提高超净煤的品质，能够达到先进透平的要求。

发明内容

[0005] 本发明的目的是针对常规燃煤电站 CO_2 处理难、成本高、发电效率低的难题，提出了一种煤基燃料近零排放发电系统及方法。

[0006] 本发明为解决上述发电技术难题采取的方案是：

[0007] 本发明提出一种煤基燃料近零排放发电系统包括：去矿物质预处理系统和空气分离系统分别与超净煤纯氧燃烧器相连，超净煤纯氧燃烧器和高压燃烧室相配合，保证高压纯氧燃烧，高压燃烧室的混气出口与先进透平的通过管道相连，高温高压的混气推动先进透平做功，先进透平带动发电机发电，先进透平的排气出口和循环水预热器的混气入口相连，循环水预热器的混气出口和冷凝器相连，冷凝器的 CO_2 出口和 CO_2 回收处理装置相连，冷凝器的回收水出口和水净化处理系统相连，净化处理回收水水净化处理系统出来的回收水部分进入循环水管路，预热后直接给入高压燃烧室中。

[0008] 原煤经去矿物质处理得到的超净煤，超净煤和空分系统得到的氧气经超净煤纯氧燃烧器给入到高压燃烧室中，超净煤在稳定燃烧过程中把逐级喷入到纯氧燃烧火焰中水直接加热成高温蒸汽，高温高压的混气（水蒸气体积浓度达 90％左右，其余以 CO_2 为主）推动先进透平做功，带动发电机发电，透平排气预热循环水后进入冷凝器，经冷凝实现水蒸气和 CO_2 的分离，高浓度的 CO_2 气体进入 CO_2 回收处理装置，分离得到的水经净化处理系统后部分进入水循环系统。

[0009] 本发明采用加压氧燃烧的燃烧方式，该燃烧方式在高压燃烧室氧燃烧火焰中直接完成水的加热汽化，同时通过改变水量进行燃烧温度的调节，替代了传统锅炉间接加热的方法，提高了加热效率和蒸汽的温度。原煤经过去矿物质处理得到的超净煤，其含灰量低于 0.1％，灰粒径小于 0.5um，甚至更低的水平，在纯氧中燃烧，火焰温度较高，产物主要为 CO_2 和 H_2O，逐级向高温火焰中喷入水，降低火焰温度同时把水加热成高温蒸汽，在高压燃烧室出口的高温高压的混气为做功工质，可以直接推动先进透平做功。采用加压燃烧方式，保证了透平的压力要求，同时大大减少了设备体积，降低了投资成本。

[0010] 本发明采用的先进透平为高温多介质先进透平，既不同于汽轮机也不同也燃气轮机，工质为高压燃烧室产生的高温高压的混气，含有体积浓度为 90％ H_2O、10％ CO_2 以及少量的 O_2/CO，由于采用了高压燃烧室能够提供高温的工质（1000℃左右），因此随着先进透平工质入口温度的提高，效率不断提高，该先进透平具有高温多介质适应性的特征。

[0011] 本发明通过冷凝器实现透平排气中水蒸气和 CO_2 低成本分离，达到大气污染物零排放。透平排气中含有大量的水蒸气和少量的 CO_2，在冷凝器中水蒸气被冷却为液体，和 CO_2 分离，得到了高浓度的 CO_2 气体，经压缩后可用于注入井下驱油或直接利用，实现大气污染物零排放。

[0012] 本发明的有益效果是：

[0013] 本发明提出一种新型的煤基燃料－氧－水蒸气燃烧方式。原煤经过去矿物质预处理，得到超净煤，在高压燃烧室中实现纯氧条件下燃烧，把逐级喷入燃烧室内的水直接加热成高温高压混合气体，推动先进的透平做功，排气经过冷凝器冷凝后得到高浓度的 CO_2，最终实现大气污染物的零排放。本发明还提出了实现上述过程的系统，以去矿物质预处理系统、超净煤纯氧燃烧器、空气分离装置、高压燃烧室、先进透平、冷凝器、水净化处理系统和 CO_2 回收处理装置为主要组件。本发明解决了常规发电方式污染物排放高、CO_2 捕集成本高的问题，达到燃煤的高效清洁利用和污染物零排放。本发明结合去矿物质处理技术、高压氧燃烧技术和先进透平技术，在保证高发电效率的同时实现 CO_2 的零排放。

[0014] 本发明的有益效果表现在以下几个方面：

[0015] a) 在高压燃烧室内氧燃烧火焰中直接完成水的加热汽化，替代了传统锅炉间接加

热的方法，避免了高效超临界锅炉（USC）对过热器和再热器材料要求高的难题，提高了加热效率和蒸汽的温度，结合高温先进透平能够达到更高的发电效率。

[0016] b）透平排气经冷凝器冷却分离后，水蒸气变为液态，得到高纯度的 CO_2，分离过程能耗少，保证高的发电效率同时实现 CO_2 的零排放。

[0017] c）燃烧系统采用加压燃烧方式，减少了设备的体积，降低了投资成本。

[0018] d）煤基燃料纯氧燃烧时，会生成 H_2O，经冷凝器冷凝分离和净化处理，得到剩余水，整个发电系统是净输出水的。

附图说明

[0019] 图 1 是本发明的系统结构示意图。

具体实施方式

[0020] 具体实施方式一：如图 1 所示，本实施方式所述的煤基燃料近零排放发电系统，所述发电系统包括去矿物质预处理系统 1、超净煤纯氧燃烧器 2、空气分离系统 3、高压燃烧室 4、先进透平 5、循环水预热器 6、冷凝器 7、水净化处理系统 8 和 CO_2 回收处理装置 9；去矿物质预处理系统 1 用于去除原煤中的矿物质，去矿物质预处理系统 1 的超净煤出口与超净煤纯氧燃烧器 2 相连，空气分离系统 3 的氧气出口与超净煤纯氧燃烧器 2 相连，超净煤纯氧燃烧器 2 和高压燃烧室 4 相配合以保证高压纯氧燃烧，高压燃烧室 4 的混气出口与先进透平 5 通过管道连接，高压燃烧室 4 的混气出口输出的高温高压的混气推动先进透平 5 做功，先进透平 5 带动发电机发电，先进透平 5 的排气出口与循环水预热器 6 的混气入口相连以预热循环水，循环水预热器 6 的混气出口和冷凝器 7 相连，冷凝器 7 的 CO_2 出口和 CO_2 回收处理装置 9 相连，冷凝器 7 的回收水出口和水净化处理系统 8 相连，净化处理回收水。

[0021] 具体实施方式二：如图 1 所示，本实施方式所述去矿物质预处理系统 1 去除所给入原煤中的矿物质，得到灰份质量分数低于 0.1％的超净煤，保证洁净燃烧，能够满足先进透平对混气质量的要求。其它组成及连接关系与具体实施方式一相同。

[0022] 具体实施方式三：如图 1 所示，本实施方式所述超净煤纯氧燃烧器 2 具有超净煤、氧气和循环水三个入口，而且超净煤纯氧燃烧器 2 上还设有点火装置，超净煤纯氧燃烧器 2 和高压燃烧室 4 配合，实现超净煤、氧气和循环水的给入和较好混合，保证超净煤着火和稳定燃烧。其它组成及连接关系与具体实施方式一相同。

[0023] 具体实施方式四：如图 1 所示，本实施方式所述的高压燃烧室 4 具有多级喷水混合结构，实现在超净煤和氧气燃烧过程中逐级喷入循环水，循环水和高温燃气均匀混合并加热成高温蒸汽。其它组成及连接关系与具体实施方式一相同。

[0024] 具体实施方式五：如图 1 所示，本实施方式所述先进透平 5 直接和高压燃烧室 4 连接，所述先进透平 5 为以高温高压的混气为做功工质的多级多介质透平。其它组成及连接关系与具体实施方式一相同。

[0025] 具体实施方式六：如图 1 所示，本实施方式所述水净化处理系统 8 的一个出口和循环水的管道入口相连，超净煤纯氧燃烧器 2 和高压燃烧室 4 的循环水入口与循环水管道出口相连（即水净化处理系统 8 的一个出口与循环水预热器 6 的入水口相连，循环水预热器 6 的出水口与超净煤纯氧燃烧器 2 和高压燃烧室 4 的循环水入口相连）。其它组成及连接

关系与具体实施方式一、二或三相同。

[0026] 具体实施方式七：如图 1 所示，本实施方式为采用上述系统的煤基燃料近零排放发电方法，所述方法的具体步骤如下：步骤一、原煤经去矿物质预处理系统 1 预处理得到超净煤；步骤二、超净煤经超净煤纯氧燃烧器 2 进入高压燃烧室 4，在高压燃烧室 4 中实现纯氧条件下燃烧；步骤三、燃烧过程中把喷入高压燃烧室 4 内的水加热汽化，得到高温高压的混气，推动先进透平 5 做功，带动发电机发电；步骤四、先进透平 5 排气预热循环水后经冷凝器 7 冷凝分离，得到高浓度的 CO_2 气体，进入 CO_2 回收处理装置 9；步骤五、冷凝器 7 分离得到的水进入水净化处理系统 8，实现大气污染物的零排放。

[0027] 具体实施方式八：如图 1 所示，本实施方式在步骤三中，超净煤和氧气在 2-10Mpa 高压条件下燃烧，燃烧过程中逐级喷入循环水，在纯氧燃烧火焰中直接将水加热为高温蒸汽，形成主要由水蒸气和 CO_2 组成的高温高压混气。其它组成及连接关系与具体实施方式七相同。

[0028] 具体实施方式九：如图 1 所示，本实施方式在步骤四中，先进透平 5 排气中的水蒸气经冷凝器冷凝为水，然后和 CO_2 分离，得到高浓度的 CO_2 气体。其它组成及连接关系与具体实施方式七相同。

[0029] 具体实施方式十：如图 1 所示，本实施方式中，水净化处理系统 8 对冷凝器中得到的水进行净化处理，处理后的水满足循环水要求，部分作为循环水，经水循环系统给入高压燃烧室 4。其它组成及连接关系与具体实施方式七相同。

[0030] 本发明所提出的煤基燃料近零排放发电系统及方法，如图 1 所示。主要包括原煤去矿物质处理系统，燃烧发电系统和 CO_2 分离回收装置三大部分；原煤去矿物质处理系统为燃烧提供洁净的超净煤，燃烧发电系统实现超净煤燃烧和并网发电，CO_2 分离回收装置保证整个系统的大气污染物零排放。

[0031] 本发明所提出的煤基燃料近零排放发电系统将原煤经去矿物质预处理系统处理后得到的超净煤作为燃料，直接给入高压燃烧室中燃烧，超净煤和氧气在燃烧火焰中完成对逐级喷入的水的加热汽化。原煤经过去矿物质处理系统 1 处理，得到超净煤，空气经过空气分离系统 3 分离后，得到纯氧；氧气和超净煤通过超净煤纯氧燃烧器 2 给入到高压燃烧室 4 中，超净煤纯氧燃烧器包括超净煤进料和氧化剂进料，并且通过结构设计能够保证超净煤的稳定着火和燃烧。高压燃烧室 4 除了提供超净煤燃烧空间保证燃尽所需的停留时间，同时具有多级喷水混合结构，实现把循环水的逐级喷入火焰中，并加热成高温蒸汽。高压燃烧室产生的高温高压的混气直接给入先进透平 5，并做功带动发电系统发电。先进透平的排气进入循环水预热器 6 预热循环水，而后水蒸气和 CO_2 的混气进入冷凝器 7，通过冷凝使水蒸气液化和 CO_2 分离，通过分离得到了高浓度的 CO_2，进入 CO_2 回收处理装置 9，用于井下驱油或者其他的工业应用；分离得到的水进入水净化处理系统 8，经过净化处理得到的水一部分用于循环水经预热逐级给入高压燃烧室，另一部分作为剩余水。经计算结合先进透平技术和原煤去矿物质技术，整体发电效率能够达到 51％或者更高，同时实现大气污染物的零排放。

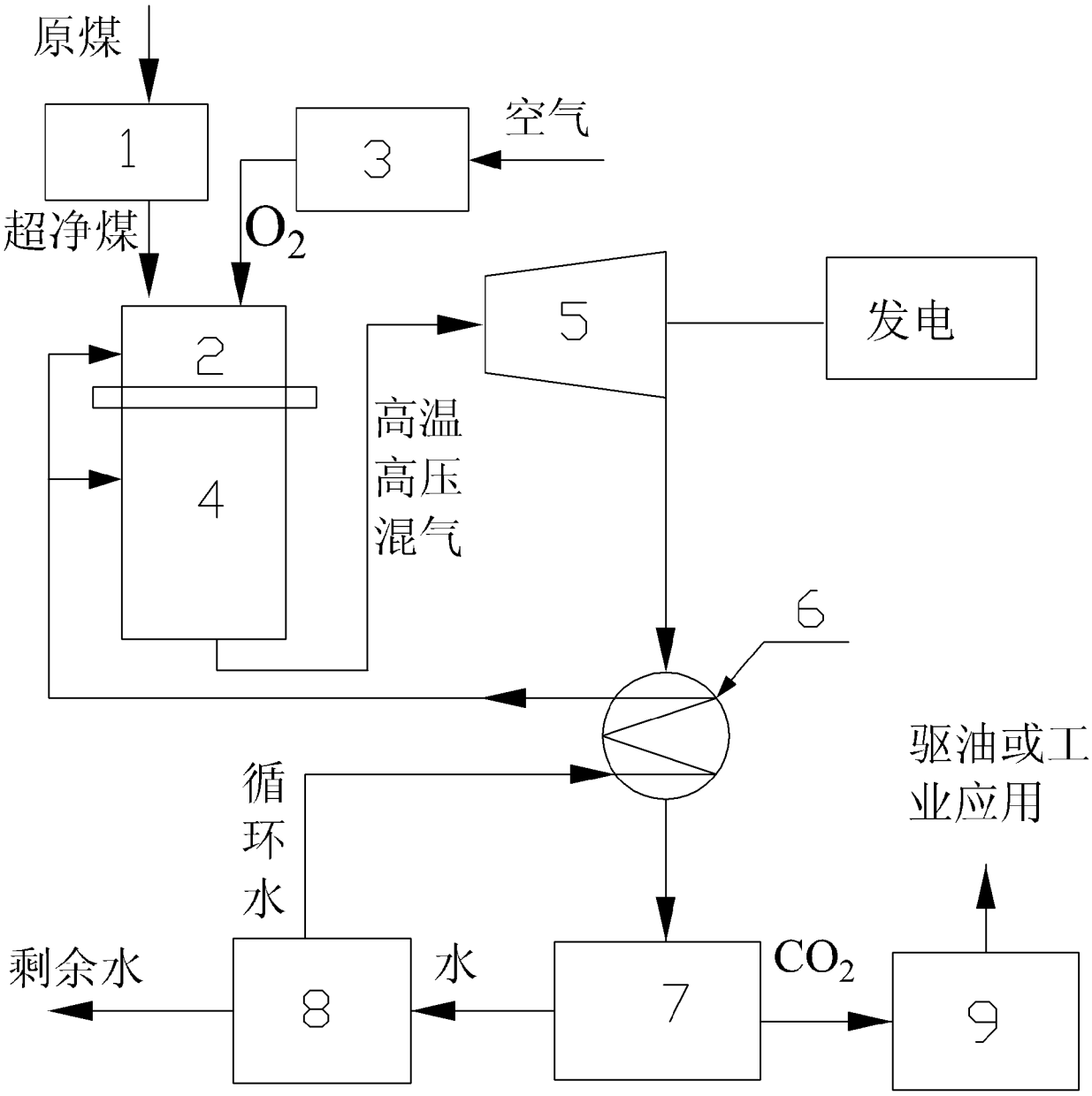


图 1