



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104121049 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 29

(21) 申请号 201310155855. 7

(22) 申请日 2013. 04. 28

(71) 申请人 中国科学院工程热物理研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路 11 号

(72) 发明人 陈海生 张雪辉 严晓辉 朱阳历 谭春青

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 曹玲柱

(51) Int. Cl.

F01K 27/00(2006. 01)

F17C 5/06(2006. 01)

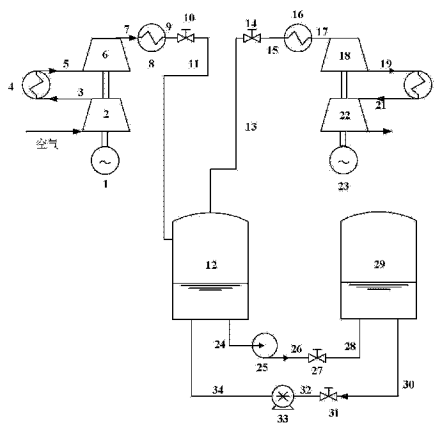
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

压缩空气电力储能系统

(57) 摘要

本发明提供了一种液压-气压耦合的压缩空气电力储能系统。该压缩空气电力储能系统中,在用电低谷通过压缩机组将空气压入恒压储气装置,同时将恒压储气装置中的液体通过液体泵压入变压储气装置中,从而将电能转化为空气和液体的内能存储起来;在用电高峰,恒压储气装置中高压空气经加热器吸热并通过膨胀机带动发电机发电,同时变压储气装置中的高压流体驱动液压马达发电机组发电,并将流体注入恒压储气装置中维持其压力恒定。本发明压缩空气电力储能系统储能周期不受限制,适用于各种类型的电源,对环境友好,具有广阔的使用前景。



1. 一种压缩空气电力储能系统,其特征在于,包括:

恒压储气装置,为一密闭容器,其内预存液体;

变压储气装置,为一密闭容器,通过管路与所述恒压储气装置相连通;

储能组件,包括:电动机;压气机组,包括至少1台其转轴与所述电动机转轴相连接的压气机,该压气机组的出气口连接至所述恒压储气装置的进气口;在储能状态下,电动机带动所述压气机组将常压空气进行压缩后压入所述恒压储气装置,同时所述恒压储气装置将其存储的部分液体排出至所述变压储气装置以保持其内部压力恒定;

释能组件,包括:发电机;膨胀机组,包括至少1台其转轴与所述发电机转轴相连接的膨胀机,该膨胀机组的进气口连接至所述恒压储气装置的出气口;在释能状态下,所述恒压储气装置内的气体经过膨胀机组膨胀做功,带动所述发电机发电,同时所述变压储气装置内的液体回流至所述恒压储气装置以保持其内部压力恒定。

2. 根据权利要求1所述的压缩空气储能系统,其特征在于:

所述压气机组的出气口通过第一阀门连接至所述恒压储气装置的进气口;所述膨胀机组的进气口通过第二阀门连接至所述恒压储气装置的出气口;

在储能状态下,所述第一阀门打开,所述第二阀门关闭;在释能状态下,所述第一阀门关闭,所述第二阀门打开。

3. 根据权利要求1所述的压缩空气储能系统,其特征在于:

所述压气机组包括2台或2台以上的压气机,该2台或2台以上的压气机以共轴串联形式或分轴并联形式连接;

所述膨胀机组包括2台或2台以上膨胀机,该2台或2台以上的膨胀机以共轴串联形式或分轴并联形式连接。

4. 根据权利要求3所述的压缩空气储能系统,其特征在于:

所述压气机组中两两压气机之间设置冷却器;

所述膨胀机组中两两膨胀机之间设置加热器。

5. 根据权利要求3所述的压缩空气储能系统,其特征在于:

所述压气机组包括以共轴串联形式连接的2台或3台压气机;

所述膨胀机组包括以共轴串联形式连接的2台或3台膨胀机。

6. 根据权利要求1所述的压缩空气储能系统,其特征在于,

所述恒压储气装置的出液口经液体泵、第三阀门与所述变压储气装置的进液口相连通;所述变压储气装置的出液口经第四阀门与所述恒压储气装置的进液口相连通;

在储能状态下,所述第三阀门打开,所述第四阀门关闭,液体泵将恒压储气装置的液体注入变压储气装置中;在释能状态下,所述第三阀门关闭,所述第四阀门打开,变压储气装置中的高压液体注入恒压储气装置中。

7. 根据权利要求6所述的压缩空气储能系统,其特征在于,还包括:

液压马达发电机组,设置与所述变压储气装置的出液口和恒压储气装置的进液口之间。

8. 根据权利要求1所述的压缩空气储能系统,其特征在于,所述恒压储气装置的出液口通过可逆式液体泵-马达发电机组与所述变压储气装置相连通;

在储能状态下,所述可逆式液体泵-马达发电机组作为液体泵工作;在释能状态,所述

可逆式液体泵 - 马达发电机组作为马达发电机组工作。

9. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的压缩空气储能系统,其特征在于,还包括:

冷却器,设置于所述压气机组和恒压储气装置之间;

加热器,设置于所述恒压储气装置和膨胀机组之间。

10. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的压缩空气储能系统,其特征在于:

在储能状态下,所述恒压储气装置排出至所述变压储气装置的液体的量由所述压气机组压入恒压储气装置的气体的量决定;

在释能状态下,所述变压储气装置回流至所述恒压储气装置的液体的量由所述膨胀机组流出恒压储气装置的气体的量决定。

压缩空气电力储能系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电力存储技术领域,特别是一种压缩空气电力储能系统。

背景技术

[0002] 近年来,我国电力电网中的大型机组不断增多,电力系统的自身功率调节能力受到限制,且系统负荷的峰谷比却不断增大,为了保证电网安全、经济地运行,必须配置电力储能系统。电力储能系统是将间歇性能源“拼接”起来,提高可再生能源利用率的有效手段。同时,电力储能系统还是解决分布式能源系统容量小、负荷波动大问题的关键技术。

[0003] 目前,大规模电力储能技术只有抽水储能技术和压缩空气储能技术两种。抽水储能电站的建设受到地形限制,必须要有上下游水库和两水库的高度差。压缩空气电力储能系统是基于燃气轮机技术开发的一种储能系统,在用电低谷将气体压入储气装置中,从而将电能转化为气体内能存储起来;在用电高峰将高压气体从储气室释放,进入燃气轮机燃烧室同燃料一起燃烧,然后驱动发电机发电。压缩空气电力储能系统具有储能容量较大、储能周期长和单位投资相对较小等优点。

[0004] 在实现本发明的过程中,申请人发现传统的压缩空气电力储能系统存在如下缺陷:储能和释能过程中,储气装置内压力是变化的,这将不利于膨胀机组和压缩机组的连续、平稳工作,进而影响整个储能系统的效率。

发明内容

[0005] (一)要解决的技术问题

[0006] 鉴于上述技术问题,本发明提供了一种压缩空气电力储能系统。

[0007] (二)技术方案

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种压缩空气电力储能系统。该系统包括:恒压储气装置、变压储气装置、储能组件和释能组件。其中,恒压储气装置为一密闭容器,其内预存液体。变压储气装置为一密闭容器,通过管路与所述恒压储气装置相连通。储能组件包括:电动机;压气机组,包括至少1台其转轴与所述电动机转轴相连接的压气机,该压气机组的出气口连接至所述恒压储气装置的进气口;在储能状态下,电动机带动所述压气机组将常压空气进行压缩后压入所述恒压储气装置,同时所述恒压储气装置将其存储的部分液体排出至所述变压储气装置以保持其内部压力恒定。释能组件包括:发电机;膨胀机组,包括至少1台其转轴与所述发电机转轴相连接的膨胀机,该膨胀机组的进气口连接至所述恒压储气装置的出气口;在释能状态下,所述恒压储气装置内的气体经过膨胀机组膨胀做功,带动所述发电机发电,同时所述变压储气装置内的液体回流至所述恒压储气装置以保持其内部压力恒定。

[0009] (三)有益效果

[0010] 从上述技术方案可以看出,本发明压缩空气电力储能系统具有以下有益效果:

[0011] (1) 将恒压压缩空气储能和液压储能相结合,通过控制恒压储气装置中的液体体

积保持恒压储气装置中压力恒定,使得储能系统在储能状态和释能过程中压缩机组和膨胀机组一直稳定工作在额定压力下,从而解决传统压缩空气电力储能中储气装置中压力变化的引起的系统效率低、工作不稳定等问题,提高了储能效率;

[0012] (2) 结合液压储能系统,利用液压存储部分能量,提高了能量利用效率;

[0013] (3) 利用级间冷却装置冷却压气机进气、级间加热装置加热膨胀机进气,实现近似等温压缩和膨胀过程,有利于压气机和膨胀机在恒压条件下工作,提高系统效率。

[0014] 本发明压缩空气电力储能系统储能周期不受限制,适用于各种类型的电源,对环境友好,具有广阔的市场应用前景。

附图说明

[0015] 图 1 为本发明第一实施例压缩空气电力储能系统的结构示意图;

[0016] 图 2 为本发明第二实施例压缩空气电力储能系统的结构示意图;

[0017] 图 3 为本发明第三实施例压缩空气电力储能系统的结构示意图;

[0018] 图 4 为本发明第四实施例压缩空气电力储能系统的结构示意图。

[0019] 【本发明主要元件符号说明】

[0020] 1- 电动机;

23- 发电机;

[0021] 12- 恒压储气装置;

29- 变压储气装置;

[0022] 25- 液体泵;

33- 液压马达发电机组;

[0023] 35- 可逆式液体泵 - 马达发电机组;

4、8、38、42- 冷却器

[0024] 16、20、47、51- 加热器;

2、6、36、40、44- 压气机;

[0025] 18、22、45、49、53- 膨胀机

10、14、27、31- 阀门;

[0026] 3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、24、26、28、30、32、34、37、39、41、43、46、48、50、52- 管线。

具体实施方式

[0027] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。需要说明的是,在附图或说明书描述中,相似或相同的部分都使用相同的图号。附图中未绘示或描述的实现方式,为所属技术领域中普通技术人员所熟知的形式。

[0028] 本发明提供了一种液压 - 气压耦合的压缩空气电力储能系统。该压缩空气电力储能系统利用恒压压缩空气储能和液压储能的特点,通过控制恒压储气装置中的液体体积来保持恒压储气装置中压力恒定,使得储能系统在储能状态和释能过程中压缩机组和膨胀机组一直工作在恒压环境下,从而解决传统压缩空气储能中储气装置中压力变化的问题。

[0029] 在本发明的第一个示例性实施例中,提供了一种液压 - 气压耦合的压缩空气电力储能系统。图 1 为本发明第一实施例压缩空气电力储能系统的结构示意图。如图 1 所示,本实施例压缩空气电力储能系统包括:电动机 1、压气机组、恒压储气装置 12、变压储气装置 29、膨胀机组和发电机 23。电动机 1 的驱动电源是常规电站低谷电、核电、风电、太阳能发电、水电或潮汐发电其中的一种或多种的组合。

[0030] 请参照图 1,压气机组的共用传动轴与电动机 1 固接,其进气口与外界空气连通,

出气口通过管线 7、冷却器 8、管线 9、阀门 10、管线 11 连接至恒压储气装置 12 的进气口。恒压储气装置 12 的出液口经管线 24、液体泵 25、管线 26、阀门 27、管线 28 与变压储气装置 29 的进液口相连通。

[0031] 本实施例中,压气机组包括相互串联的、共用传动轴的两级压气机,分别为:低压压气机 2 和高压压气机 6。低压压气机 2 的出气口通过管线 3、冷却器 4 和管线 5 连接至高压压气机 6 的进气口。

[0032] 空气在压缩过程中温度会升高。而温度较高的空气会使压缩过程电动机的功耗增加,降低储能效率。本实施例中,冷却器 (4、8) 可以冷却由压气机输出的气体,实现近似的等温压缩,从而保证了压气机在恒压条件下工作,提高了系统效率。

[0033] 请参照图 1,变压储气装置 29 的出液口通过管线 30、阀门 31、管线 32、液压马达发电机组 33、管线 34 与恒压储气装置 12 的进液口相连通。恒压储气装置 12 的出气口通过管线 13、阀门 14、管线 15、加热器 16、管线 17 连接至膨胀机组。膨胀机组的共有传动轴与发电机 23 固接。

[0034] 本实施例中,膨胀机组包括相互串联的、共用传动轴的两级膨胀机,分别为:高压膨胀机 18 和低压膨胀机 22。高压膨胀机 18 的出气口通过管线 19、高压膨胀机 18 的出气口通过管线 19、加热器 20 和管线 21 与低压膨胀机 22 的进气口相连通。

[0035] 空气在膨胀做功过程中进口温度越高,对外输出的轴功就越大。本实施例中,加热器 (16、20) 可以加温进入膨胀机的气体,实现近似的等温膨胀,保证了膨胀机在恒压条件下工作,提高了系统效率。

[0036] 以下介绍本发明第一实施例压缩空气电力储能系统的储能状态和释能状态:

[0037] 储能状态下,打开阀门 10 和阀门 27,关闭阀门 14 和阀门 31;电动机 1 利用低谷电带动压气机组运转;常压空气在低压压气机 2 作用下压缩升温升压,压缩后的空气经管线 3 进入冷却器 4 进行冷却;冷却后的空气经管线 5 进入高压压气机 6 继续压缩并升温升压;该升温升压后的空气经过管线 9 进入冷却器 10,经冷却器冷却后通过阀门 10 及管线 11 进入恒压储气装置 12 存储;同时低谷电带动液体泵 25 将恒压储气装置 12 的液体经和管线 24、管线 26、阀门 27、管线 28 注入变压储气装置 29 中,以维持恒压储气装置 12 中压力恒定;储能结束,关闭阀门 10 和阀门 27。

[0038] 释能状态下,打开阀门 14 和阀门 31,关闭阀门 10 和阀门 27;恒压储气装置 12 内的高压空气经管线 13、阀门 14 及管线 15 进入加热器 16 进行加热;加热后的高压空气经管线 17 进入高压膨胀机 18 膨胀降温,其出口空气经管线 19 进入加热器 20 进行加热;加热后的空气经管线 21 进入低压膨胀机 22 继续膨胀做功并带动发电机 23 发电,同时变压储气装置 29 中的高压液体驱动液压马达发电机组 33 发电,并将流体注入恒压储气装置 12 中以保持其压力恒定;释能结束,阀门 14 和阀门 31 关闭。

[0039] 一般情况下,储能状态和释能状态不同时存在,储能时,阀门 10 和阀门 27 同时打开,阀门 14 和阀门 31 关闭,液体泵 25 的流量由压气机组的流量控制。释能时,阀门 10 和阀门 27 关闭,阀门 14 和阀门 31 打开,液压马达发电机组 33 的流量由膨胀机组流量控制,以保持恒压储气装置 12 内恒压。

[0040] 图 2 为本发明第二实施例压缩空气电力储能系统的结构示意图。该第二实施例压缩空气电力储能系统的气流通道结构与第一实施例类似,区别仅在于恒压储气装置 12 和

变压储气装置 29 的连接关系。

[0041] 请参照图 2, 恒压储气装置 12 通过管线 24 与可逆式液体泵 - 马达发电机组 35 相连通, 可逆式液体泵 - 马达发电机组 35 经管线 26、28, 阀门 27 与储气设备 29 相连通。

[0042] 以下介绍本发明第二实施例液压 - 气压耦合的压缩空气电力储能系统的储能状态和释能状态:

[0043] 储能状态下, 首先打开阀门 10 和阀门 27, 关闭阀门 14; 电动机 1 利用低谷电带动压气机组, 常压空气在低压压气机 2 压缩升温升压, 压缩后的空气经管线 3 进入冷却器 4 进行冷却; 冷却后的空气经管线 5 进入高压压气机 6 继续压缩并升温升压; 该升温升压后的空气经冷却器 8、阀门 10 及管线 7、9、11 进入恒压储气装置 12 存储, 同时恒压储气装置 12 的液体经管线 24 进入可逆式液体泵 - 马达发电机组 35, 通过可逆式液体泵 - 马达发电机组 35 增压注入变压储气装置 29 中; 储能结束, 关闭阀门 10 和阀门 27;

[0044] 释能状态下, 首先关闭阀门 10, 打开阀门 14 和阀门 27; 高压流体驱动可逆式液体泵 - 马达发电机组 35 发电, 并将液体注入恒压储气装置 12, 同时恒压储气装置 12 中的高压空气经管线 13、15 及阀门 14 进入加热器 16, 加热后的高压空气经管线 17 进入高压膨胀机 18 膨胀降温; 膨胀降温后的空气经管线 19 进入加热器 20, 加热后的空气经管线 21 进入低压膨胀机 22 继续膨胀做功并带动发电机 23 发电; 释能结束, 阀门 14 和阀门 27 关闭。

[0045] 图 3 为本发明第三实施例压缩空气电力储能系统的结构示意图。该第三实施例压缩空气电力储能系统的气流通道结构与第一实施例类似, 区别仅在于, 该压缩空气电力储能系统采用三级压缩、级间冷却及三级膨胀、级间加热代替实施例 1 中的两级压缩、级间冷却及两级膨胀、级间加热。

[0046] 请参照图 3, 本实施例中, 压缩机组包括: 低压压气机 36, 中压压气机 40 和高压压气机 44。低压压气机 36 的出气口通过管线 37、冷却器 38、管线 39 连接至中压压气机 40 的进气口。中压压气机 40 的出气口通过管线 41、冷却器 42 和管线 43 连接至高压压气机 44。膨胀机组包括: 高压膨胀机 45, 中压膨胀机 49 和低压膨胀机 53。高压膨胀机 45 通过管线 46、加热器 47 和管线 48 连接至中压膨胀机 49 的进气口。中压膨胀机 49 的出气口通过管线 50、加热器 51 和管线 52 连接至低压膨胀机 -53 的进气口。关于冷却器 (38、42) 和加热器 (47、51) 请参照第一实施例的相关说明, 此处不再重述。

[0047] 以下介绍本发明第三实施例液压 - 气压耦合的压缩空气电力储能系统的储能状态和释能过程:

[0048] 储能状态下, 首先关闭阀门 14 和阀门 31, 打开阀门 10 和阀门 27; 常压空气经过低压压气机 36、管线 37、冷却器 38、管线 39、中压压气机 40、管线 41、冷却器 42、管线 43、高压压气机 44、管线 7、冷却器 8、管线 9、阀门 10 及管线 11 进入恒压储气装置 12 进行存储, 恒压储气装置 12 中液体经管线 24 进入液体泵 25, 然后通过管线 26、阀门 27 和管线 28 注入变压储气设备 29 中, 储能结束, 关闭阀门 10 和阀门 27;

[0049] 释能状态下, 首先关闭阀门 10 和阀门 27, 打开阀门 14 和阀门 31, 高压空气经过管线 13、阀门 14、管线 15、加热器 16 和管线 17 进入高压膨胀机 45 膨胀做功, 然后通过管线 46 进入加热器 47 加热, 再通过管线 48 进入中压膨胀机 49 做功, 然后经管线 50 进入加热器 51 加热, 加热后的空气经管线 52 进入低压膨胀机 53 做功, 同时变压储气设备 29 中的液体经管线 30、32, 阀门 31 驱动液压马达发电机组 33 发电, 然后通过管线 34 注入恒压储气装置

12 中填补高压空气排出的体积以保持其恒压,释能结束,关闭阀门 14 和阀门 31。

[0050] 图 4 为本发明第四实施例压缩空气电力储能系统的结构示意图。该第四实施例压缩空气电力储能系统的气流通道结构与第二实施例类似,区别仅在于,本实施例采用三级压缩、级间冷却及三级膨胀、级间加热代替实施例 2 中的两级压缩、级间冷却及两级膨胀、级间加热。关于三级压缩、级间冷却及三级膨胀、级间加热的具体内容可参照第三实施例的相关说明,此处不再重述。

[0051] 以下介绍本发明第四实施例压缩空气电力储能系统的储能状态和释能过程:

[0052] 储能状态中,首先关闭阀门 14,打开阀门 10 和阀门 27,空气经过低压压气机 36、管线 37、冷却器 38、管线 39、中压压气机 40、管线 41、冷却器 42、管线 43、高压压气机 44、管线 7、冷却器 8、管线 9、阀门 10 进入恒压储气装置 12 进行存储,恒压储气装置 12 中液体经管线 24 进入可逆式液体泵-马达发电机组 35,然后通过管线 26、阀门 27 和管线 28 注入变压储气设备 29 中,储能结束,关闭阀门 10 和阀门 27;

[0053] 释能过程中,首先关闭阀门 10,打开阀门 14 和阀门 27,高压空气经过管线 13、阀门 14、管线 15、加热器 16 和管线 17 进入高压膨胀机 45 膨胀做功,然后通过管线 46 进入加热器 47 加热,再通过管线 48 进入中压膨胀机 49 做功,然后经管线 50 进入加热器 51 加热,加热后的空气经管线 52 进入低压膨胀机 53 做功;同时变压储气设备 29 中的液体经管线 28、阀门 27 和管线 26,驱动可逆式液压泵-马达发电机组 35 发电,然后通过管线 24 注入恒压储气装置 12 填补高压空气排出的体积,以保持恒压储气装置中压力不变,释能结束,关闭阀门 14 和阀门 27。

[0054] 至此,已经结合附图对本发明四个实施例液压-气压耦合的压缩空气电力储能系统进行了详细描述。依据以上描述,本领域技术人员应当对本发明有了清楚的认识。

[0055] 本发明中,压气机或膨胀机为以下类型中一种或多种的组合:活塞式、轴流式、斜流式、离心式和螺杆式。水泵为:叶轮式泵或容积式泵,其中:所述叶轮式泵为轴流式、混流式或离心式泵其中的一种或多种的组合;容积式泵,为齿轮泵、螺杆泵、罗茨泵或滑片泵其中的一种或多种的组合。冷却器或加热器为以下群组中一种或多种的组合:套管式、管壳式、夹套式、蓄热式、混合式和沉浸蛇管式。加热器的热源为工业废热、余热、大气环境、太阳能热或蓄热装置。

[0056] 此外,上述对各元件的定义并不仅限于实施方式中提到的各种具体结构或形状,本领域的普通技术人员可对其进行简单地熟知地替换,例如:

[0057] (1) 本领域技术人员可以合理设置压气机组中压气机的数目和规格,及膨胀机组中膨胀机的数目及规格;

[0058] (2) 压气机组中各压气机的连接方式还可以为分轴并联的方式。

[0059] 综上所述,本发明提供一种液压-气压耦合的压缩空气电力储能系统。该压缩空气电力储能系统中,在用电低谷通过压缩机组将空气压入恒压储气装置,同时将恒压储气装置中的液体通过液体泵压入变压储气装置中,从而将电能转化为空气和液体的内能存储起来;在用电高峰,恒压储气装置中高压空气经加热器吸热并通过膨胀机带动发电机发电,同时变压储气装置中的高压流体驱动液压马达发电机组发电,并将流体注入恒压储气装置中维持其压力恒定。本发明压缩空气电力储能系统储能周期不受限制,适用于各种类型的电源,对环境友好,具有广阔的使用前景。

[0060] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

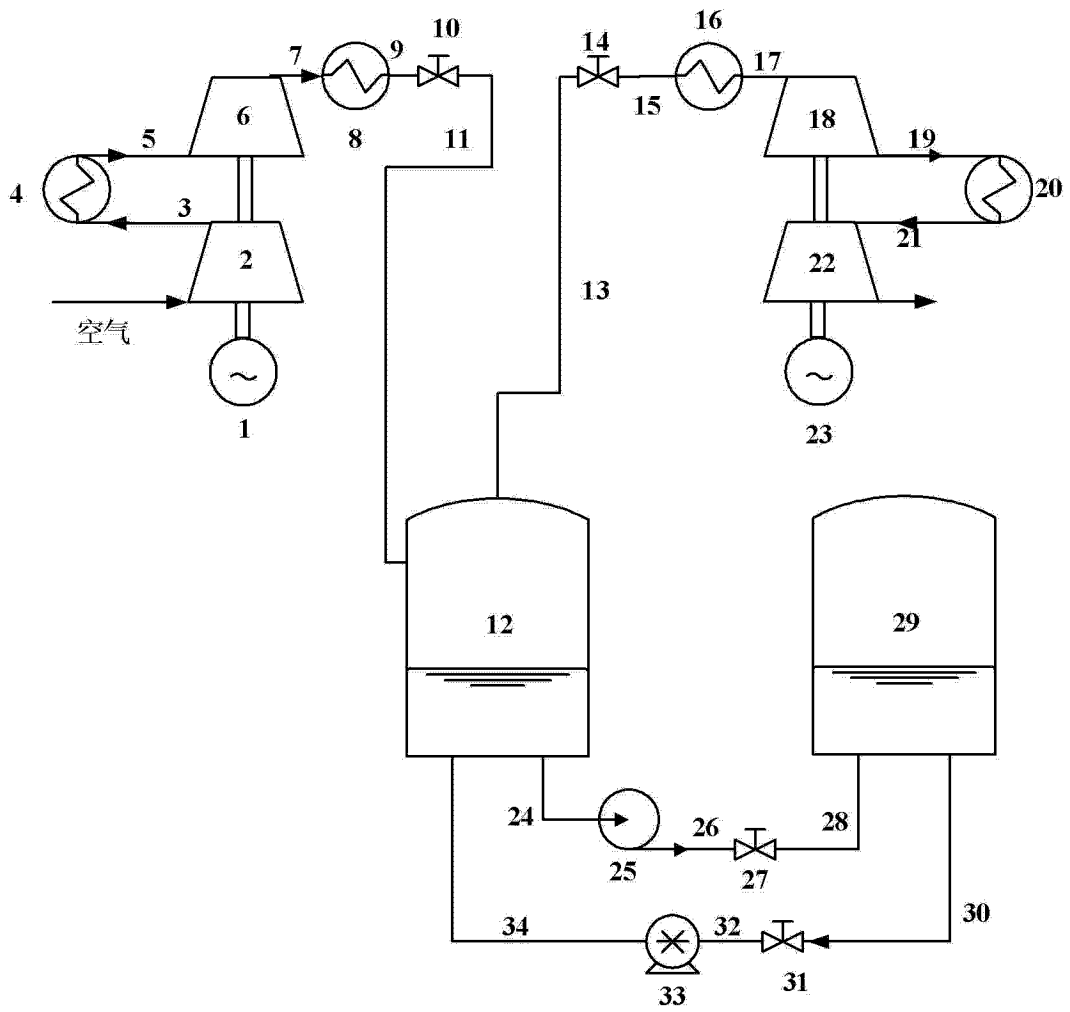


图 1

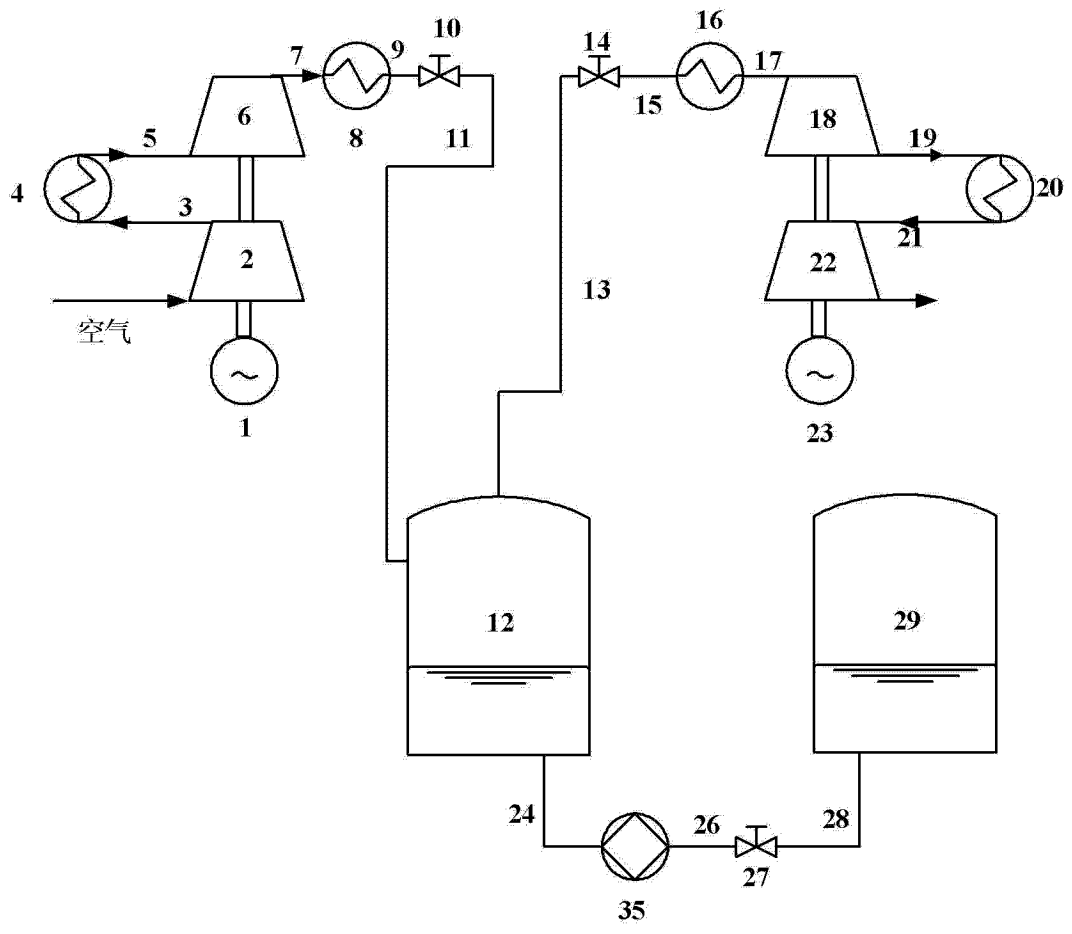


图 2

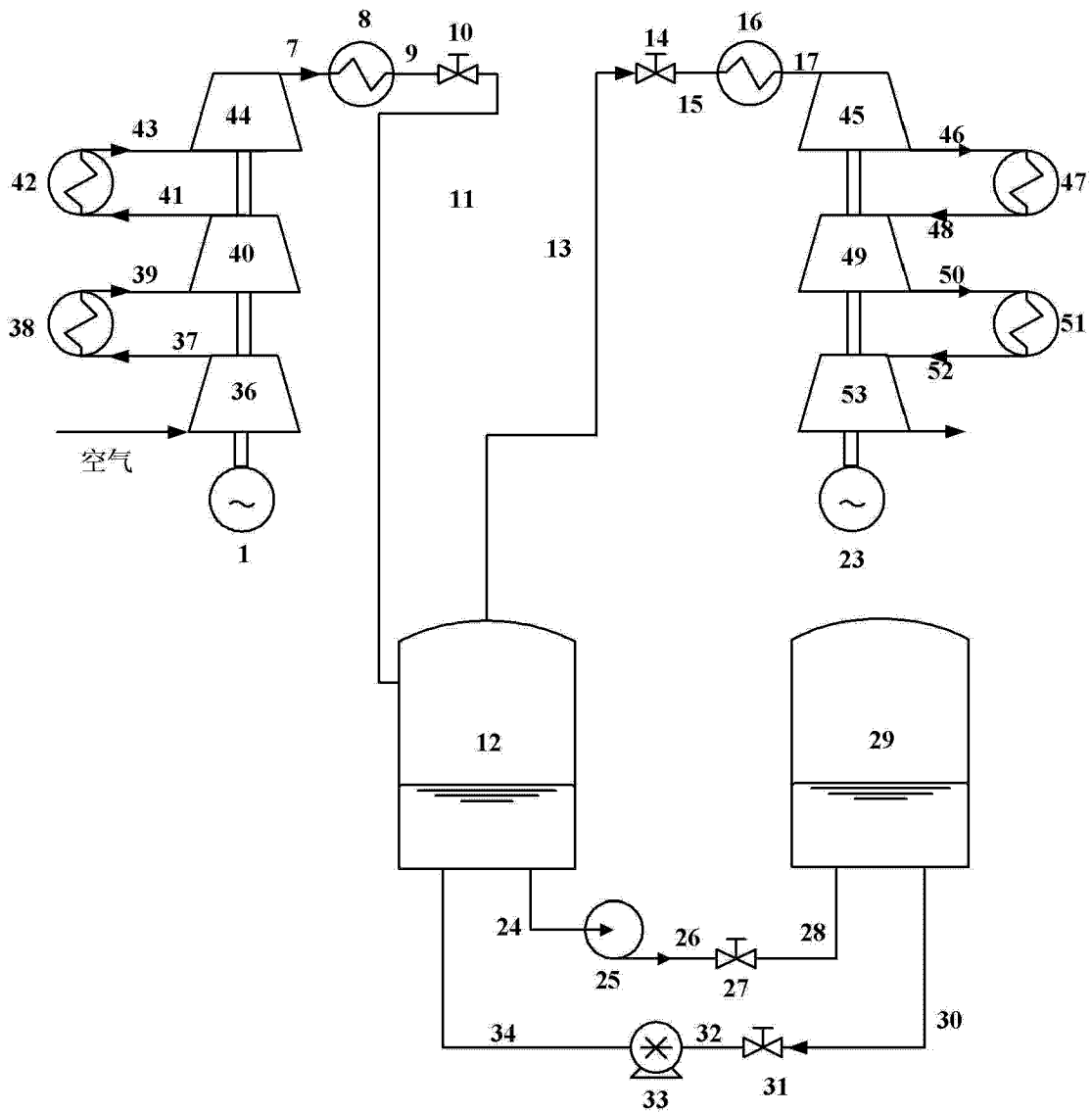


图 3

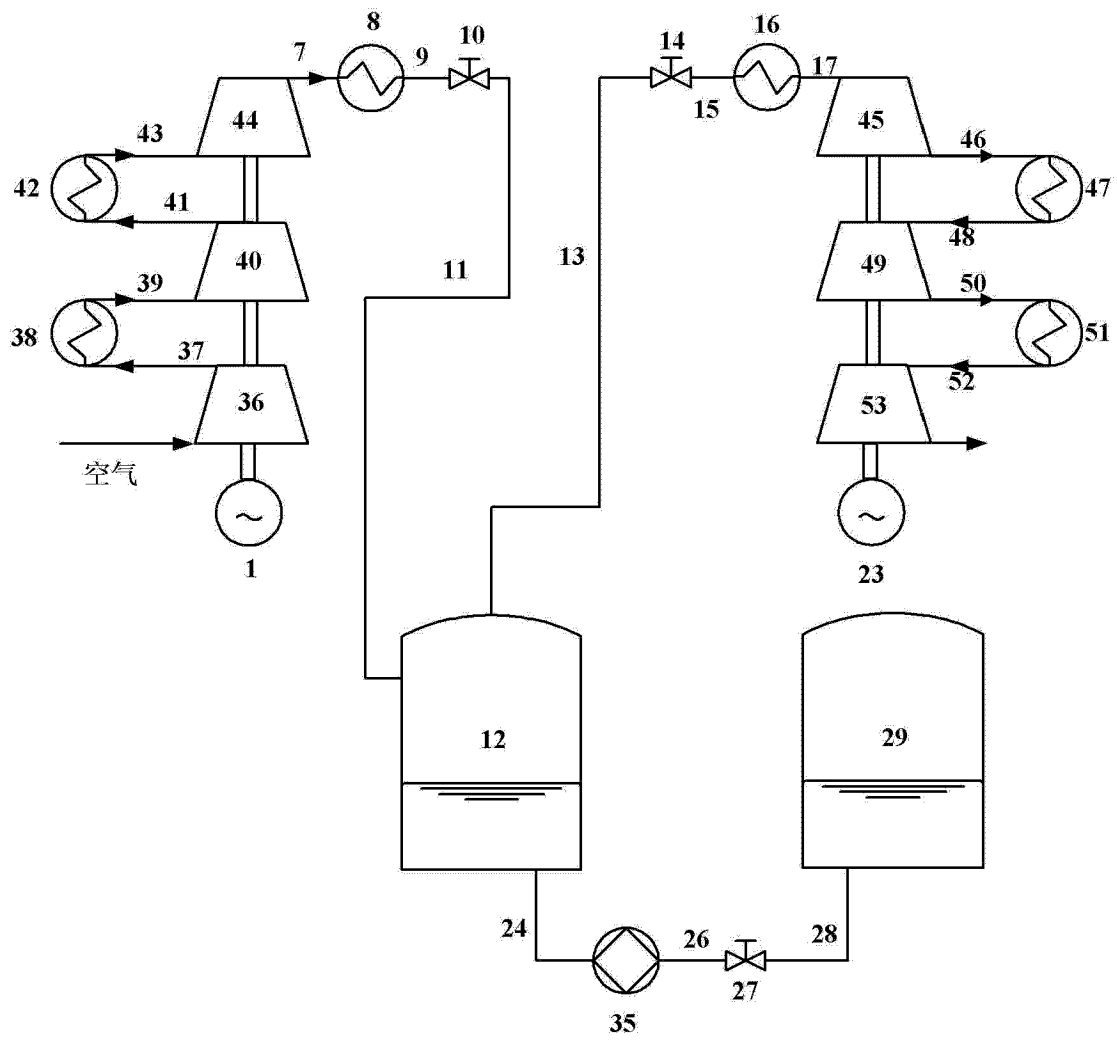


图 4