



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109779706 B

(45) 授权公告日 2023.10.27

(21) 申请号 201910191112.2

(22) 申请日 2019.03.13

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109779706 A

(43) 申请公布日 2019.05.21

(73) 专利权人 中国科学院上海高等研究院
地址 201210 上海市浦东新区海科路99号

(72) 发明人 邓炜 黄伟光 张靖煊 朱郁波
邓军

(74) 专利代理机构 上海硕力知识产权代理事务
所(普通合伙) 31251

专利代理师 刘红梅

(51) Int. Cl.

F01K 13/00 (2006.01)

F01D 15/10 (2006.01)

H02K 5/20 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 108603409 A, 2018.09.28

DE 2530635 A1, 1976.01.29

JP 2004204825 A, 2004.07.22

US 2008122226 A1, 2008.05.29

CN 209539410 U, 2019.10.25

US 2014119881 A1, 2014.05.01

CN 106499601 A, 2017.03.15

CN 1966954 A, 2007.05.23

CN 203615621 U, 2014.05.28

US 2013147196 A1, 2013.06.13

US 5870895 A, 1999.02.16

CN 106545370 A, 2017.03.29

CN 108612573 A, 2018.10.02

王辉, 王冲. 用于高温气冷堆发电设备的闭
式循环氦气轮机装置. 热能动力工程. 2005,
(04), 第337-341、439页.

李勇, 张作义. 高温气冷堆氦气透平直接循
环发电技术进展. 核动力工程. 1999, (第02期),
第159-164页. (续)

审查员 乔路

权利要求书1页 说明书7页 附图3页

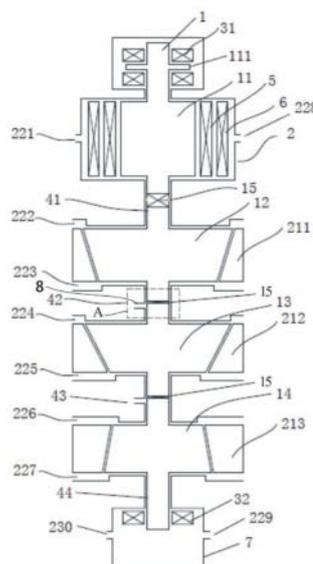
(54) 发明名称

一种全封闭布雷顿循环热功转换装置

(57) 摘要

本发明涉及一种全封闭布雷顿循环热功转换装置, 包括转子, 转子上从上至下, 依次垂直布置发电机转子、低压压气机转子、透平转子、高压压气机转子; 发电机转子设置于上气缸内, 且低压压气机转子、透平转子、以及高压压气机转子均设置在一个气缸内, 各气缸与上气缸通过静密封连接且集成一体, 形成一个全封闭结构。本发明低压压气机、透平、以及高压压气机的介质出入口布局合理, 避免透平的高温介质向高、低压压气机, 以及轴承、发电机等处泄漏, 结构紧凑。同时能够保证轴承所处气缸温度较低, 无需采取额外冷却措施, 就能有效地解决轴承温度、轴承压力不稳定等问题, 从而达到安全稳定运行, 气缸间轴封两侧压差较小, 泄漏量小, 提高了机组效率。

CN 109779706 B



[接上页]

(56) 对比文件

苏洋;黄伟光;张靖煊;朱郁波.多级轴流氮

气压气机流动失稳实验研究.热能动力工程
.2018,(第01期),第12-19页.

1. 一种全封闭布雷顿循环热功转换装置,主要用于布雷顿热力循环系统,其特征在于,包括:

转子,所述转子上,从上至下,依次垂直布置有发电机转子、低压压气机转子、透平转子、高压压气机转子;

所述发电机转子设置于上气缸内,且所述发电机转子与所述低压压气机转子、所述透平转子和所述高压压气机转子均同轴设置,且所述发电机转子与所述低压压气机转子之间通过联轴件进行联接;

所述转子的顶端设有一顶部轴承,且底端设有一底部轴承;

所述低压压气机转子上设有第一入气口和第一出气口;

所述第一入气口设置在靠近所述发电机转子一侧,所述第一出气口设置在所述第一入气口的下方;

所述透平转子上设有第二入气口和第二出气口;

所述第二出气口设置在靠近所述低压压气机转子的一侧,且与所述第一出气口相邻,所述第二入气口设置在所述第二出气口的下方;

所述高压压气机转子上设有第三入气口和第三出气口;

所述第三出气口设置在靠近所述透平转子的一侧,且与所述第二入气口相邻,所述第三入气口设置在靠近所述底部轴承处;

所述低压压气机转子和所述透平转子,以及所述高压压气机转子每个均设置在一气缸内,各个所述气缸与所述上气缸通过静密封连接且集成一体,形成一个全封闭结构。

2. 根据权利要求1所述的全封闭布雷顿循环热功转换装置,其特征在于,包括:

所述上气缸内还设置一冷却器,所述冷却器通过一定子与所述发电机转子进行连接。

3. 根据权利要求1所述的全封闭布雷顿循环热功转换装置,其特征在于,包括:

所述上气缸设有第四进气口和第四出气口,所述第四进气口与所述第三出气口相连,所述第四出气口与系统中预冷器入口相连。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的全封闭布雷顿循环热功转换装置,其特征在于,包括:

所述低压压气机转子和所述透平转子通过所述联轴件进行刚性连接;

所述透平转子和所述高压压气机转子通过所述联轴件进行刚性连接。

5. 根据权利要求1-3任一项所述的全封闭布雷顿循环热功转换装置,其特征在于,包括:

所述顶部轴承为复合推力轴承,所述底部轴承为径向轴承。

6. 根据权利要求1-3任一项所述的全封闭布雷顿循环热功转换装置,其特征在于,包括:

所述底部轴承置于一下气缸内,所述下气缸为布雷顿循环系统的备用气站。

一种全封闭布雷顿循环热功转换装置

技术领域

[0001] 本发明涉及布雷顿循环及其机械传动机构技术领域,尤其是一种新型轮机布局方式的全封闭布雷顿循环热功转换装置。

背景技术

[0002] 布雷顿循环系统,见图1,由发电机、透平、高、低压压气机等主设备,同时由回热器、预冷器、间冷器和气站等辅助系统组成,工作介质一般是氦气,超临界二氧化碳等,或者混合介质。当介质经过高压压气机提升压力后,经过回热器进行换热,热源加热后,推动透平做功,做功后的气体经回热器进行换热,预冷器冷却,然后,进入低压压气机,提升压力,介质温度升高。由于介质温度过高,导致压气机压缩效率下降,因此,须经间冷器再次冷却后再进入高压压气机,完成整个热力循环。

[0003] 其中,预冷器和间冷器冷却介质采用循环冷却水或其它介质。高、低压压气机提升介质压力,需要耗功,所以透平做功与压气机耗功之差,即为整个机组出功,拖动发电机发电。系统内的介质压力与机组负荷存在一定的比例关系,在其他参数不变的情况下,调节循环系统内介质的压力,即可增减发电机的发电负荷。气站是与系统相连接,用于储备工作介质,并且调节系统中工作介质的总量,需要单独设立,通过气站注入高压气体至预冷器入口,提升系统的背压,增加发电负荷;通过高压压气机出口回注至气站,降低系统的背压,则降低发电负荷。

[0004] 目前公开的透平、压气机和发电机的布置方式有:垂直布置,或水平布置。

[0005] 一种布置方式(HTR-10GT)如图2,垂直布置,从上而下依次是发电机、透平、高压压气机和低压压气机,三个轮机介质出口均为朝上。顶部轴承位于透平上端部与发电机的下端部之间,透平内出口高温介质会沿着透平上端部轴封进入顶部轴承,因此,需要额外的冷却装置,以避免处于顶部轴承高温环境而损坏。经过顶部轴承的介质,泄漏至外界,因此需要不断地补充系统内的介质,从而保证机组长期稳定运行。

[0006] 另一种布置方式(Courtesy Escher Wyss)图3,水平布置,依次是发电机、低压压气机(出口在发电机一侧)、高压压气机(入口在发电机一侧)和透平(入口在发电机一侧),目的之一是为了保证轮机整体轴向气动力较小。但也带来一些问题:

[0007] 透平出口高温介质会沿着透平轴动密封间隙窜入透平出口端的轴承,虽然进入该轴承的介质可以不泄漏至外界,但该轴承也需要额外的冷却装置,以避免处于高温环境而损坏。另外,介质会沿着低压压气机出口端轴封窜至外界,因此也需要不断地补充系统内的介质,从而保证机组长期稳定运行。低压压气机出口压力大于入口压力,与外界的压力差也大于入口,显然,泄漏量也相对较大。同理,高压压气机发电机侧为入口,与低压压气机的进气侧相连,两者通过动密封间隙的漏气量也大于与低压压气机的出气侧相连,降低了压气机组的效率。

[0008] 以上无论采取哪一种布置方式,都存在以下问题:在发电机一侧,与轮机相连接之处,不可避免介质向外界泄漏,必须不断向系统补充介质,以保证机组长期稳定运行,同时,

透平出、入口端紧邻轴承,高温介质经轴封进入轴承,使得必须采取复杂的冷却措施。透平、高、低压压气机气缸之间通过轴封隔离,轴封两侧气缸之间,存在压差,也不可避免介质气体从高压一侧向低压一侧流动,以上不合理的布局,均产生较大泄漏量,使得轮机效率下降,透平高温介质向高压压气机或低压压气机侧泄漏,也会产生安全隐患。

[0009] 依此,本领域技术人员急需提供一种全封闭布雷顿循环热功转换装置,使得发电机、透平和高低压压气机等组成的机组本体为全封闭,与外界不存在动密封。在保证整个轮机转子在轴向受力合理的情况下,使得轮机间轴封压差最小,泄漏量减少,并且避免透平进、出口端高温介质通过轴封加热其他部件,从而保证安全稳定运行,提高机组效率。

发明内容

[0010] 本发明的目的是为解决以上问题提供一种全封闭布雷顿循环热功转换装置,能够有效减少透平、高、低压压气机之间的轴封泄漏量,避免透平气缸高温介质向外界、高压压气机或低压气机气缸的泄漏。整个装置与外界之间取消动密封,实现介质“零泄漏”。同时无需额外增加冷却装置,即可避免因高温环境而造成的部件损坏问题,从而能够满足安全稳定运行,提高机组效率。

[0011] 本发明提供的技术方案如下:

[0012] 一种全封闭布雷顿循环热功转换装置,主要用于布雷顿热力循环的热转换,包括:

[0013] 转子,所述转子上,从上至下,依此垂直布置有发电机转子、低压压气机转子、透平转子、高压压气机转子;

[0014] 所述发电机转子设置于上气缸内,且所述发电机转子与所述低压压气机转子、所述透平转子和所述高压压气机转子均同轴设置,且所述发电机转子与所述低压压气机转子之间通过联轴件进行联接;

[0015] 所述转子的顶端设有一顶部轴承,且底端设有一底部轴承。

[0016] 优选地,所述低压压气机转子和所述透平转子,以及所述高压压气机转子均设置在一气缸内,各所述气缸,并且与所述上气缸通过静密封连接且集成一体,形成一个全封闭结构。

[0017] 本技术方案中,在不改变整个装置的布置方式的基础上,采用同轴设置,且将发电机设置在上气缸内,上气缸与下部气缸(即低气压压气机气缸)通过法兰静密封联接,使发电机、低压压气机、透平和高压压气机等与外界没有动密封,仅在与外部系统相通的接口处,电气电缆接头等部位存在静密封,从而彻底消除泄漏,同时通过顶部轴承和底部轴承控制转子的旋转,而轴承均处于符合要求的环境温度,有效地解决轴承温度不稳定问题,满足机组介质置换、启动、升速、并网、加减负荷和解列、及其事故处理等过程工况的要求。满足安全稳定运行,提高机组效率。

[0018] 优选地,所述上气缸内还设置一冷却器,所述冷却器通过一定子与所述发电机进行连接。

[0019] 本技术方案中,上气缸内设置一冷却器,冷却器通过气缸内冷却风机提高与气缸内介质的换热效率,同时,通过设置的冷却器将发电机产生的热量带走,有效降低气缸内温度。更优的是上气缸作为气站,具有一定的容积,通过接收来自高压压气机出口的介质,降低机组负荷;通过向系统注入介质,提高机组负荷,上气缸与低压压气机入口端,通过轴封

相通,两侧温度相近,使得轴承温度满足要求,无需额外注入冷却气体,避免采取复杂的轴(气)封方式。

[0020] 优选地,所述低压压气机上设有一第一入气口和第一出气口;

[0021] 所述第一入气口设置在靠近所述发电机一侧,所述第一出气口设置在所述第一入气口的下方。

[0022] 本技术方案中,将第一入气口设置在靠近发电机一侧,低压压气机气缸与上气缸之间的轴封两侧温度相近,无需采用带有冷却装置的复杂轴封结构。

[0023] 优选地,所述透平上设有一第二入气口和第二出气口;

[0024] 所述第二出气口设置在靠近所述低压压气机的一侧,且与所述第一出气口相邻,所述第二入气口设置在所述第二出气口的下方。

[0025] 本技术方案中,将透平上设有的第二出气口设置在靠近低压压气机的一侧,一般地,整个布雷顿循环中,透平出口端介质压力低于低压压气机出口端介质压力,在两者气缸之间的轴封,介质从低压压气机出口端流向透平出口端,这样,就避免低压压气机出口端采用耐高温材料,或者,无需设置冷却装置对轴封进行冷却,不仅结构简单,且工作效率高。

[0026] 优选地,所述高压压气机上设有一第三入气口和第三出气口;

[0027] 所述第三出气口设置在靠近所述透平的一侧,且与所述第二入气口相邻,所述第三入气口设置在靠近所述底部轴承处。

[0028] 本技术方案中,将第三出气口设置在靠近透平的一侧,一般地,整个布雷顿循环中,高压压气机出口端介质压力高于透平入口端介质压力,在两者气缸之间的轴封,介质从高压压气机出口端流向透平入口端,且压力相近,泄漏量较小,有利于提高机组效率,而第三入气口设置在靠近底部轴承处,温度满足轴承要求,无需采用带有冷却装置的复杂轴封结构。。

[0029] 优选地,所述上气缸设有一第四进气口和第四出气口,所述第四进气口与所述第三出气口相连,所述第四出气口与系统中预冷器入口相连。

[0030] 优选地,所述低压压气机转子和所述透平转子通过所述联轴件进行刚性连接;

[0031] 所述透平转子和所述高压压气机转子通过联轴器刚性连接。

[0032] 本技术方案中,在垂直布置状态下,运行过程中,低压压气机受流体轴向作用力为向上,透平也为向上,而高压压气机为向下,三者中透平受力较大,而转子重力向下,结果是可以相互抵消至最小,最大限度减轻转子轴向力,从而减轻顶部轴承的轴向推力负荷。

[0033] 优选地,所述顶部轴承和底部轴承均为电磁轴承。

[0034] 本技术方案中,顶部轴承和底部轴承均采用电磁轴承。与传统滚珠轴承、滑动轴承相比,电磁轴承不存在机械接触,转子可以达到很高的运转速度,具有机械磨损小、能耗低、噪声小、寿命长、无需润滑、无油污染等优点,特别适用高速、真空、超净等特殊环境。

[0035] 优选地,所述顶部轴承为复合推力轴承,底部轴承为径向轴承。

[0036] 本技术方案中,顶部轴承不仅承担转子轴向推力,并且和底部轴承一起控制转子径向位移,约束并控制转子在整个气缸内稳定地运行。

[0037] 优选地,所述底部轴承置于一下气缸内,所述下气缸为布雷顿循环系统的备用气站。

[0038] 本技术方案中,底部轴承置于一下气缸内形成备用气站,与上气缸气站为不同压

力等级的气站,满足机组介质置换、启动、升速、并网、加减负荷和解列、及其事故处理等过程工况的要求。

[0039] 综上所述,本发明提供的一种全封闭布雷顿循环热功转换装置的具有以下几个特点:

[0040] 1、本发明中,将发电机转子设置在与高压压气机转子、透平转子和低压压气机转子气缸通过静密封联接的全封闭上气缸内,完全消除机组在介质置换、启动、升速、并网、加减负荷和解列、及其事故处理等过程工况下的动密封泄露问题,同时通过顶部轴承和底部轴承控制转子的转动和轴向位移。不仅能够保证不发生介质外泄,而且有效地解决轴承温度不稳定等问题,从而能够满足安全稳定运行,提高机组效率。

[0041] 2、本发明中,上气缸内作为气站使用,分别与高压压气机出口和预冷器入口相连,通过气站注入介质至预冷器入口,提升系统的背压,增加发电负荷;通过高压压气机出口回注至气站,降低系统的背压,则降低发电负荷。

[0042] 3、本发明中,上气缸内设置一冷却器,通过设置的冷却器将发电机产生的热量带走,并且有效控制气缸作为气站的介质温度。更优的是上气缸与低压压气机气缸直接通过静密封联接,中间转子周围通过轴封相通,轴封压差较小,两侧温度相近,避免了当透平布置于此造成的高温介质窜入上气缸的后果,影响发电机和顶部轴承的运行。

[0043] 4、本发明中,顶部轴承和底部轴承均采用电磁轴承,与传统滚珠轴承、滑动轴承以及油膜轴承相比,电磁轴承不存在机械接触,转子可以达到很高的运转速度,具有机械磨损小、能耗低、噪声小、寿命长、无需润滑、无油污染等优点,特别适用高速、真空、超净等特殊环境。

[0044] 5、本发明中,发电机、低压压气机、透平和高压压气机转子依次布置,发电机所处的上气缸与低压压气机入口端相邻;低压压气机出口端与透平出口端相邻;透平入口端与高压压气机出口端相邻;高压压气机入口端与底部轴承所处的下部气缸,即备用气站相通。这种布局方式,转子各轴封处两侧压力最优化,压差较小,轴封泄漏量较小,对机组的效率影响较小;透平进、出口端的轴封,气流方向均为流向透平,避免透平的高温气体窜入低温部件,同时,转子受到的轴向气动力,包括垂直布置方式下的重力,可以相互抵消至最小,最大限度减轻转子轴向力。

[0045] 6、本发明结构将发电机静子部分、气站和备用气站全封闭,融为一体,彻底消除机组与外界之间的动密封泄露,简单紧凑,运行可靠稳定,有效地提高机组使用效率。

附图说明

[0046] 下面将以明确易懂的方式,结合附图说明优选实施方式,对一种全封闭布雷顿循环热工转换装置的上述特性、技术特征、优点及其实现方式予以进一步说明。

[0047] 图1为布雷顿循环系统示意图;

[0048] 图2为现有技术中垂直布置的布雷顿循环热功转换装置的结构示意图;

[0049] 图3为现有技术中水平布置的布雷顿循环热功转换装置的结构示意图;

[0050] 图4为本发明一种全封闭布雷顿循环热功转换装置的结构示意图;

[0051] 图5为图4中A部分的结构示意图。

[0052] 附图标号说明:

- [0053] 1-转子;11-发电机转子;111-推力盘;12-低压压气机转子;13-透平转子;14-高压压气机转子;15-联轴件;
- [0054] 2-气站,211-低压压气机静子;212-透平静子;213-高压压气机静子;221-第四进气口;222-第一进气口;223-第一出气口;224-第二出气口;225-第二进气口;226-第三出气口;227-第三进气口;228-第四出气口;229-备用气站进气口;230-备用气站出气口;
- [0055] 31-顶部轴承;32-底部轴承;
- [0056] 41-低压压气机进气端轴封;
- [0057] 42-低压压气机出气端与透平排气端间轴封;
- [0058] 43-高压压气机出气端与透平进气端间轴封;
- [0059] 44-高压压气机进气端轴封;
- [0060] 5-定子;
- [0061] 6-冷却器;
- [0062] 7-备用气站;
- [0063] 8-气封旁路。

具体实施方式

[0064] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,全封闭布雷顿循环热工转换装置为氦气轮机,下面将对照附图说明本发明的具体实施方式。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的实施方式。

[0065] 为使图面简洁,各图中只示意性地表示出了与本发明相关的部分,它们并不代表其作为产品的实际结构。另外,以使图面简洁便于理解,在有些图中具有相同结构或功能的部件,仅示意性地绘制了其中的一个,或仅标出了其中的一个。在图5中带箭头的线表示介质的流通方向,H表示高压侧,L表示低压侧。

[0066] 在本发明的实施例一中,参看图4-5所示,提供一种全封闭布雷顿循环热功转换装置,将布雷顿热力循环中的发电机、低压压气机、高压压气机和透平,以及气站和备用气站,集成于全封闭的气缸之内,包括转子1,且在转子1上,从上至下,依次垂直布置有发电机转子11、低压压气机转子12、透平转子13、高压压气机转子14;而发电机设置于气站2的上气缸内,其中,发电机还包括发电机静子,低压压气机还包括低压压气机静子211,透平还包括透平静子212,高压压气机还包括高压压气机静子213,而发电机转子11与低压压气机转子12、透平转子13,以及高压压气机转子14均同为轴设置。

[0067] 实际设置时,转子1可作加工为一体,也可以部分加工为一体。各转子(即指发电机转子11、低压压气机转子12、透平转子13、高压压气机转子14)之间也可以通过联轴件15进行刚性连接,使用时为保证运行的稳定性。示例性的将低压压气机转子12和透平转子13通过联轴件15进行刚性连接。同样的透平转子13和高压压气机转子14通过联轴件15进行刚性连接均可,仅需保证运行的稳定性即可。同时进一步地在转子1的顶端设有一顶部轴承31,且底端设有一底部轴承32。需说明的是,当发电机与轮机转速要求不一致时,则需增加变速箱。

[0068] 其中,应说明的是,实际使用时,联接件15可以为联轴器或变速箱中的一种,当发

电机转子11与低压压气机转子12之间通过联轴器连接时,即两者转速相同,则发电机必须采取变频措施。而当联接件15为变速箱时,当两者不同轴时,顶部轴承31则安装于低压压气机转子12与变速箱之间。具体根据实际需求设定即可,仅需保证整个结果布局不变即可。

[0069] 在本发明的实施例二中,参看图4-5所示,在上述实施例的基础上做改进,且改进之处在于:进一步的在气站2的气缸内设置一冷却器6,冷却器6通过一定子5与发电机进行连接。能够将发电机产生的热量带走,同时有效控制气缸内介质温度。更优的是上气缸与低压压气机气缸直接通过静密封联接,中间转子1周围通过动密封的轴封41相通,轴封压差较小,两侧温度相近,避免了当透平布置于此造成的高温介质窜入上气缸的后果,影响发电机和顶部轴承31的运行。

[0070] 实际使用时,低压压气机转子12和透平转子13,以及高压压气机转子14均设置在一气缸内,为保证各部件之间的连接密封性,各气缸,并且与上气缸通过静密封连接且集成一体,形成一个全封闭结构。通过轴封,减少两气缸之间的轴间泄漏量,同理,低压压气机出气端与透平排气端间轴封42,高压压气机出气端与透平进气端间轴封43,高压压气机进气端轴封44,均起到同样的作用。见图5所示,进一步地,在上述轴封上开设一气封旁路8,这样,在实际使用时,高压介质可以从气封旁路8流出,回流至气站2,或备用气站7,或系统其他较低压力处,进行回收,有效避免过多高压介质流向低压侧,影响低压侧的运行。

[0071] 在本发明的实施例三中,在上述实施例的基础上做改进,且改进之处在于:顶部轴承31和底部轴承32均采用电磁轴承,与传统滚珠轴承、滑动轴承相比,电磁轴承不存在机械接触,转子1可以达到很高的运转速度,具有机械磨损小、能耗低、噪声小、寿命长、无需润滑、无油污染等优点,特别适用高速、真空、超净等特殊环境。。

[0072] 其中,示例性的将顶部轴承31为复合推力轴承,设置一推力盘111,起到限制转子轴向位移的作用。底部轴承32为径向轴承。

[0073] 在本发明的实施例四中,参看图4所示,在上述实施例的基础上做改进,且改进之处在于:实际使用时,进一步的在低压压气机上设有一第一入气口222(额定工况下介质参数,压力0.6MPa,温度35℃)和第一出气口223(额定工况下介质参数,压力1.1MPa,温度108℃);而第一入气口222设置在靠近发电机一侧,第一出气口223设置在第一入气口222的下方。同时透平上设有一第二出气口224(额定工况下介质参数,压力0.7MPa,温度497℃)和第二入气口225(额定工况下介质参数,压力1.6MPa,温度750℃);其中,第二出气口224设置在靠近低压压气机的一侧,且与第一出气口223相邻,第二入气口225设置在第二出气口224的下方。高压压气机上设有一第三入气口227(额定工况下介质参数,压力1.0MPa,温度35℃)和第三出气口226(额定工况下介质参数,压力1.7MPa,温度109℃);设置的第三出气口226在靠近透平的一侧,且与第二入气口225相邻,第三入气口227设置在靠近底部轴承32处。对透平出气口端与低压压气机出气口端之间的轴封42,两侧压差导致低温氦气从低压压气机气缸一侧,经低压压气机出气端与透平排气端间轴封42,流至透平气缸一侧,同理,对于高压压气机出气端与透平进气端间轴封43,低温氦气从高压压气机气缸一侧,经高压压气机出气端与透平进气端间轴封43,流至透平气缸一侧,高温氦气就不会窜入高、低压压气机,无需提高部件的耐高温能力。上气缸作为气站2,介质压力介于高压压气机出口和低压压气机入口之间,因此,对于低压压气机进气端轴封41,两侧温度相近。对于高压压气机进气端轴封44,备用气站7与高压压气机气缸出口端,两侧温度也相近。这样,轴封结构简单紧凑,

安全可靠,与其他现有装置相比较,由于这种布局,轴封两侧氦气压力差较小,泄漏量较小,有效地提高机组工作效率,更优的是该结构均可垂直布置或水平布置或倾斜布置。

[0074] 在本发明的实施例五中,在上述实施例的基础上做改进,且改进之处在于:进一步地,在上气缸设有一第四进气口221和第四出气口228,而第四进气口221与第三出气口226相连,第四出气口228与系统中预冷器入口(图中未表示)相连。同时将底部轴承32设置于一下气缸内,且该下气缸为布雷顿循环系统的备用气站7,同时在备用气站7上设有备用气站7进气口229和备用气站出气口230,用于储备介质,可以与上气缸不同压力等级,互相配合,满足机组各种工况的需求

[0075] 在上述实施例中,转子1受到的轴向气动力,垂直布置方式下,整个转子,低压压气机转子12气动受力向上,高压压气机转子14气动受力向下,大体相互抵消,透平转子13气动受力向上,与整个转子1的重力,相互抵消至最小,最大限度地减小转子轴向力,同时减轻顶部轴承31和推力盘111所受的的轴向推力。而现有技术,参看图2所示,高压压气机转子14和低压压气机转子12气动受力(均向下),再加上整个转子1的重力,与透平转子13气动受力(向上),使得整个转子1轴向受力较大,增加了轴承的轴向推力负荷。为此,本发明降低了制造成本,提高了机组的安全性和可靠性。

[0076] 应当说明的是,上述实施例均可根据需要自由组合。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。

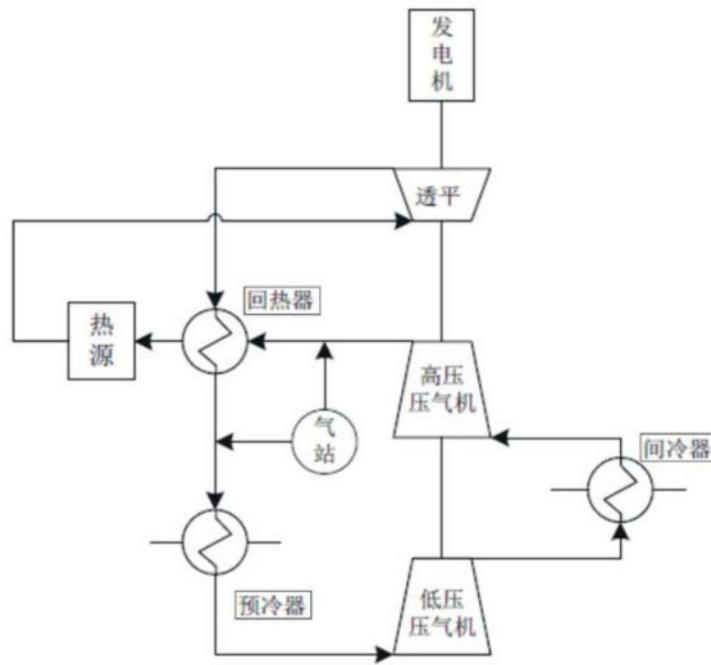


图1

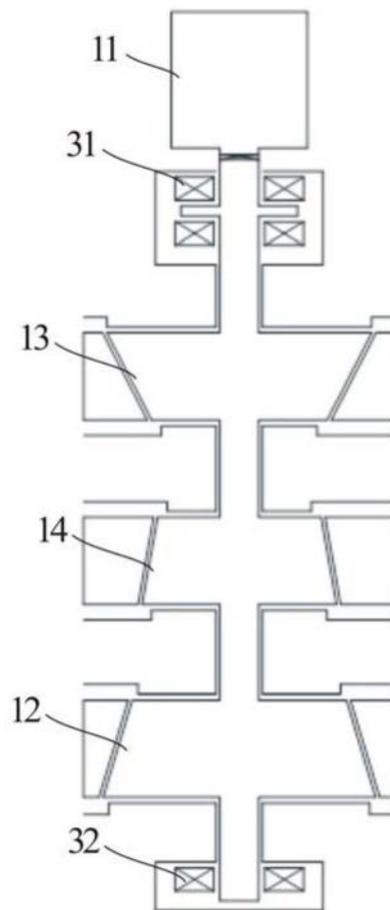


图2

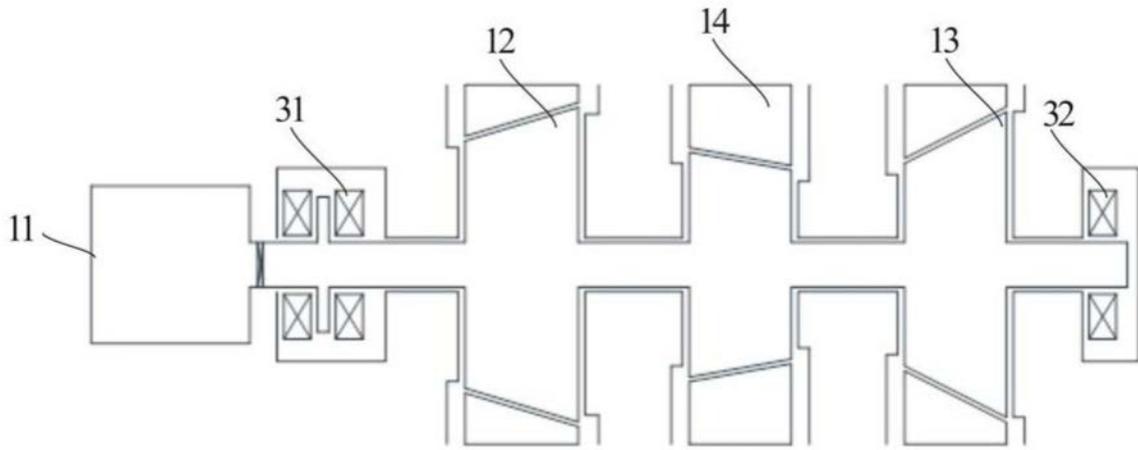


图3

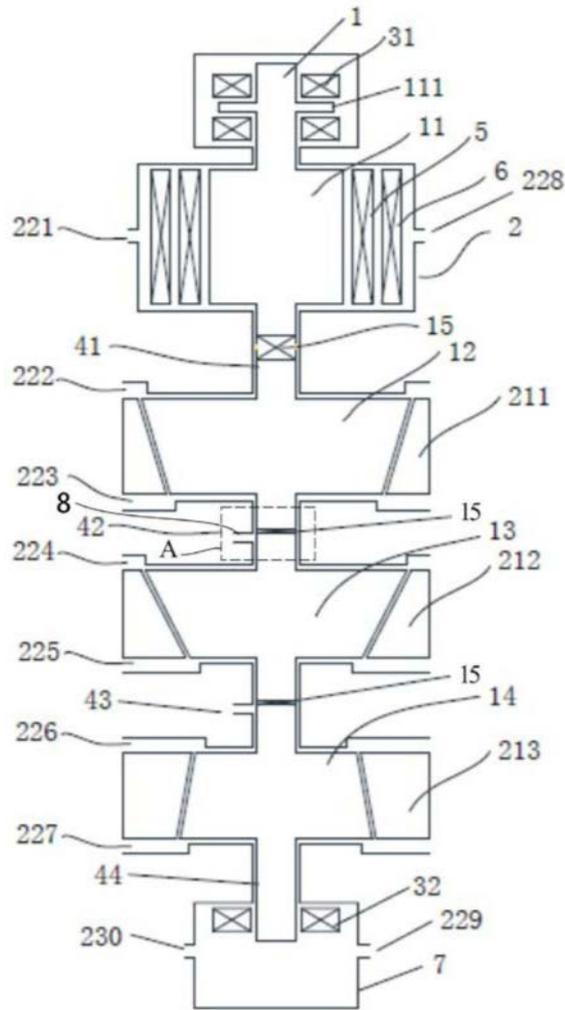


图4

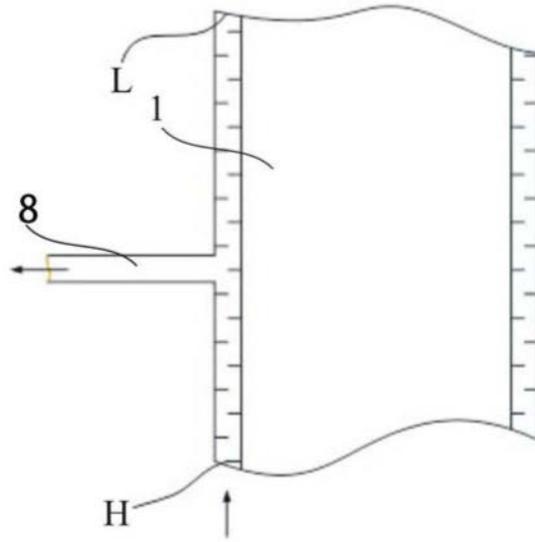


图5