



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109612132 B

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201811428993.7

F28D 20/02(2006.01)

(22)申请日 2018.11.27

B64G 1/50(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

F01D 15/10(2006.01)

申请公布号 CN 109612132 A

F01K 27/00(2006.01)

F03G 6/06(2006.01)

(43)申请公布日 2019.04.12

审查员 姜松

(73)专利权人 上海宇航系统工程研究所

地址 201108 上海市闵行区金都路3805号

(72)发明人 孙培杰 翁一武 丁逸夫 章恺

王长焕 包轶颖 严立

(74)专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司

公司 31236

代理人 胡晶

(51)Int.Cl.

F24S 20/00(2018.01)

F25B 9/08(2006.01)

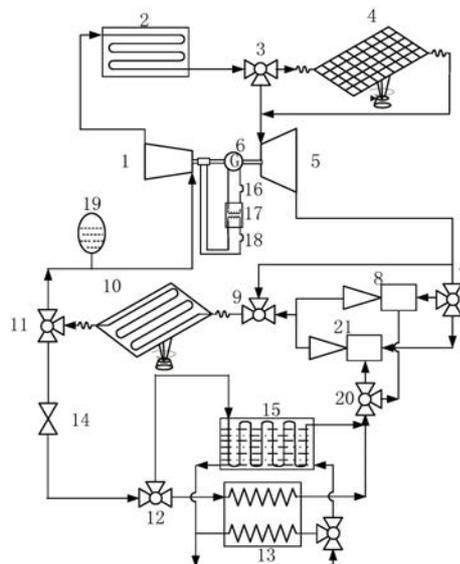
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统

(57)摘要

本发明公开了一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,具体为:液体饱和有机工质,由工质泵送入冷板或定向式太阳能集热器中,加热至饱和或过热蒸汽状态,然后推动透平旋转,带动发电负载发电,出透平后气体工质流入喷射器,将制冷蒸发器出口侧气体引射至喷射器中,二者在喷射器中经过混合扩压进入定向式空间辐射器中,向空间释放热量,凝结为液态,液态工质一部分重新进入工质泵,完成发电循环,另一部分经节流阀降温降压,重新回到制冷蒸发器,完成制冷循环。本发明可以在月球白天或极昼和夜晚或极夜运行,在满足自身用电的同时,为基地提供额外的电力供应和冷量供应,有效节省月球基地电力需求。



1. 一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,包括工质泵、定向式太阳能集热器、冷板、透平、发电负载、蓄电装置、断路器、喷射器、定向式空间辐射器、相变蓄冷装置、制冷蒸发器、三通阀和节流阀,其特征在于,以月球基地设备发热、人员发热或太阳能作为热源,以空间4k真空低温冷背景作为冷源,选择适应设备工作温度范围和太阳能热源温度范围的有机物作为工质,形成封闭系统;

液体饱和和有机工质,由所述工质泵送入所述冷板或所述定向式太阳能集热器中,加热至饱和或过热蒸汽状态,然后推动所述透平旋转,带动所述发电负载发电,出所述透平后气体工质流入喷射器,将所述制冷蒸发器出口侧气体引射至所述喷射器中,二者在所述喷射器中经过混合扩压进入所述定向式空间辐射器中,向空间释放热量,凝结为液态,液态工质一部分重新进入所述工质泵,完成发电循环,另一部分经节流阀降温降压,重新回到所述制冷蒸发器,完成制冷循环。

2. 根据权利要求1所述的一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其特征在于,月球处于白天或极昼时,根据所述透平对工质温度的需求,经过所述冷板的工质由三通阀控制一部分流入所述定向式太阳能集热器,另一部分直接进入所述透平并与经所述定向式太阳能集热器加热的工质混合,共同推动所述透平,进而带动所述发电负载发电。

3. 根据权利要求1所述的一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其特征在于,所述发电负载发电优先满足系统工质泵用电需求,多余电量经断路器进入所述蓄电装置蓄电,用于发电不足时的电力补充。

4. 根据权利要求1所述的一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其特征在于,经节流阀降温降压后的工质通过三通阀进入所述相变蓄冷装置,用于存储多余冷量并在系统冷量不足时进行冷量补充。

5. 根据权利要求1所述的一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其特征在于,所述定向式太阳能集热器根据太阳光照方向变化旋转定向,使所述定向式太阳能集热器始终面向太阳光线。

6. 根据权利要求1所述的一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其特征在于,采用两套适应不同压比的喷射器,通过阀门切换实现适应极昼和极夜状态的系统运行,并且所述工质泵采用变频泵。

7. 根据权利要求1所述的一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其特征在于,所述定向式空间辐射器面向月球地面一侧采用多层隔热材料包覆,同时通过旋转定向避免受太阳光线直接照射,并通过辐射方式向空间放热,使内部工质温度降低。

8. 根据权利要求1所述的一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其特征在于,所述冷板用于吸收设备热量,其入口温度不高于20℃,出口温度不高于30℃。

9. 根据权利要求1所述的一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其特征在于,所述工质为在30℃时达到饱和或过热蒸汽状态的干性工质,其为R124、R142b、R236a、R600、R600a和RC318中的任意一种。

10. 根据权利要求1所述的一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其特征在于,月球处于白天或极昼时,经所述冷板的工质,经三通阀后进入所述定向式太阳能集热器加热升温;月球处于夜晚或极夜时,经所述冷板的工质,全部进入所述透平进行发电。

一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及航天领域热管理和发电系统,尤其涉及一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统。

背景技术

[0002] 航天器热管理是随着空间飞行器大型化而提出的。它是从系统总体的角度对大型航天器中的热量进行统一分配管理,完成对航天器热量的收集、传输、利用和排散。一方面,保证了其结构部件、仪器设备在空间环境下处于一个合适的温度范围,使其能够正常工作。另一方面,保证舱内大气环境满足一定的温度条件,以供航天员正常的生活。此外,对航天器的热量作统一的调配和综合利用可以降低能源需求和系统重量,增加有效空间,简化系统,提高系统性能、可靠性和安全性。

[0003] 未来的国际月球探测都将以“建立永久性月球基地、开发利用月球资源、以及月球为中转站走向深空”作为最终目标。月球基地建设是实现月球探测和月球资源利用的重要手段。月球的极端地理环境和月球基地的工作特点对热管理及能量供应系统提出了特殊要求。为了使月球基地设备在正常温度下运作,同时保障基地内工作人员的健康安全,需要针对月球热环境的特点进行热量管理和供能系统的设计,实现热量合理有效的收集、传输、利用和排散,保证结构、设备温度要求以及乘员舒适性。

[0004] 用于月球基地的自循环热管理及发电系统不需要外部电力提供能量,可以独立运行,实现发电与制冷。其中,仪器设备的散热或太阳能是系统的两大高温热源。系统内的一部分的工质吸收高温热源传递的热量,通过发电设备可以提供系统运行所需电力,多余电力可以进行蓄电。另一部分工质通过蒸发器,吸收宇航员日常工作环境中的热量,达到制冷效果,多余冷量可以进行相变蓄冷。多余的热量通过空间辐射器向系统外部排出。通过对各点温度的监测,可以控制系统热量的收集与排散,形成一个自循环的系统,对热量进行科学管理和高效利用,保证基地设备的正常工作以及人员的健康安全所需的温度环境。

[0005] 现有技术主要是应用于地面状态,冷却方式以水冷为主,不能适应空间真空状态换热,且现有专利采用低温余热超过了航天仪器设备工作温度范围,不能应用与月球基地等空间航天领域。

发明内容

[0006] 为了克服现有技术存在的缺陷,本发明提出了一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,在满足航天仪器设备或人员热控管理需求的同时,实现发电和制冷,并能实现蓄电和蓄冷,不需要外部电力提供能量,可以独立运行,形成一个自循环的系统,对热量进行科学管理和高效利用。

[0007] 本发明所采用的技术方案是:

[0008] 一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,包括工质泵、定向式太阳能集热器、冷板、透平、发电负载、蓄电装置、断路器、喷射器、定向式空间辐射器、相变蓄冷装置、制

冷蒸发器、储液器、三通阀和节流阀,该系统以月球基地设备发热、人员发热或太阳能作为热源,以空间4k真空低温冷背景作为冷源,选择适应设备工作温度范围和太阳能热源温度范围的有机物作为工质,形成封闭系统;

[0009] 液体饱和有机工质,由所述工质泵送入所述冷板或所述定向式太阳能集热器中,加热至饱和或过热蒸汽状态,然后推动所述透平旋转,带动所述发电负载发电,出所述透平后气体工质流入喷射器,将所述制冷蒸发器出口侧气体引射至所述喷射器中,二者在所述喷射器中经过混合扩压进入所述定向式空间辐射器中,向空间释放热量,凝结为液态,液态工质一部分重新进入所述工质泵,完成发电循环,另一部分经节流阀降温降压,重新回到所述制冷蒸发器,完成制冷循环。

[0010] 较佳的,月球处于白天或极昼时,根据所述透平对工质温度的需求,经过所述冷板的工质由三通阀控制一部分流入所述定向式太阳能集热器,另一部分直接进入所述透平并与经所述定向式太阳能集热器加热的工质混合,共同推动所述透平,进而带动所述发电负载发电。

[0011] 较佳的,所述发电负载发电优先满足系统工质泵用电需求,多余电量经断路器进入所述蓄电装置蓄电,用于发电不足时的电力补充。

[0012] 较佳的,经节流阀降温降压后的工质通过三通阀进入所述相变蓄冷装置,用于存储多余冷量并在系统冷量不足时进行冷量补充。

[0013] 较佳的,所述定向式太阳能集热器根据太阳光照方向变化旋转定向,使所述定向式太阳能集热器始终面向太阳光线。

[0014] 较佳的,采用两套适应不同压比的喷射器,通过阀门切换实现适应极昼和极夜状态的系统运行,并且所述工质泵采用变频泵。

[0015] 较佳的,所述定向式空间辐射器面向月球地面一侧采用多层隔热材料包覆,避免白天高温月球地面的影响,同时通过旋转定向避免受太阳光线直接照射,使定向式空间辐射器始终面向4k冷空间环境,并通过辐射方式向空间放热,使内部工质温度降低。

[0016] 较佳的,所述冷板为航天领域常用的冷板,通过液体冷却,用于吸收设备热量,其入口温度不高于20℃,出口温度不高于30℃。

[0017] 较佳的,所述工质能在30℃时达到饱和或过热蒸汽状态的干性工质,又能利用太阳能,使系统运行压力在0.1-2.0MPa之间,工质可以是R124、R142b、R236a、R600、R600a和RC318中的任意一种。

[0018] 较佳的,月球处于白天或极昼时,经所述冷板的工质,经三通阀后进入所述定向式太阳能集热器加热升温;月球处于夜晚或极夜时,经所述冷板的工质,全部进入所述透平进行发电。

[0019] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0020] 本发明在喷射型有机朗肯循环与喷射制冷循环结合运行的基础上,通过切换,既能利用设备和人员发热,又能利用太阳能,实现基地热管理和发电,满足自身系统循环所需的供电需求或电力储蓄,同时实现制冷或蓄冷。本发明可以在月球白天或极昼和夜晚或极夜运行,在满足自身用电的同时,为基地提供额外的电力供应和冷量供应,有效节省月球基地电力需求。

附图说明

[0021] 图1为本发明一实施例的一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统的连接示意图。

[0022] 图中,1-工质泵;2-冷板;3-第一三通阀;4-定向式太阳能集热器;5-透平;6-发电负载;7-第二三通阀;8-第一喷射器;9-第三三通阀;10-定向式空间辐射器;11-第四三通阀;12-第五三通阀;13-制冷蒸发器;14-节流阀;15-相变蓄冷装置;16-第一断路器;17-蓄电装置;18-第二断路器;19-储液器;20-第六三通阀;21-第二喷射器。

具体实施方式

[0023] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明的各实施方式进行详细的阐述。

[0024] 如图1所示,一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,包括工质泵1、冷板2、定向式太阳能集热器4、透平5、发电负载6、蓄电装置17、第一断路器16、第二断路器18、第一喷射器8、第二喷射器21,定向式空间辐射器10、相变蓄冷装置15、制冷蒸发器13、储液器19、第三三通阀9、第四三通阀11、第五三通阀12、第一三通阀3、第二三通阀7、第六三通阀20、节流阀14等部件以及各部件之间的管道组成。其中工质泵1出口与第一三通阀3工质入口相连,第一三通阀3的一个工质出口与定向式太阳能集热器4的工质入口相连,第一三通阀3的另一个工质出口与透平5的工质入口相连,定向式太阳能集热器4的工质出口与透平5的工质入口相连,透平5的工质出口与第二三通阀7和第三三通阀9的工质入口相连,第二三通阀7的一个工质出口与第一喷射器8的工质入口相连,第二三通阀7的另一个工质出口与第二喷射器21的工质入口相连,第一喷射器8的工质出口和第二喷射器21的工质出口与第三三通阀9的工质入口相连,第三三通阀9的工质出口与定向式空间辐射器10的工质入口相连,定向式空间辐射器10的工质出口与第四三通阀11的工质入口相连,第四三通阀11的一个工质出口与工质泵1的工质入口相连,第四三通阀11的另一个工质出口与节流阀14的工质入口相连,节流阀14的工质出口与第五三通阀12的工质入口相连,第五三通阀12的一个工质出口与制冷蒸发器13的工质入口相连,第五三通阀12的另一个工质出口与相变蓄冷装置15的工质入口相连,相变蓄冷装置15的工质出口和制冷蒸发器13的工质出口均与第六三通阀20的工质入口相连,第六三通阀20的一个工质入口与第一喷射器8的工质入口相连,第六三通阀20的另一个工质入口与第二喷射器21的工质入口相连,储液器19的工质出口与第四三通阀11的工质出口相连。蓄电装置17一端经第一断路器16与发电负载6相连,蓄电装置17另一端经第二断路器18与工质泵1电机相连,可以实现采用蓄电装置17为工质泵1供电。

[0025] 实施例一

[0026] 本实例中,一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其工质为R600,针对白天或极昼状态对循环流程进行实例说明。

[0027] 白天或极昼状态下,冷板的温度为 30°C ,余热利用量为 6.3kW ,经过定向式太阳能集热器4加热后温度为 40°C ,蒸发压力 0.4MPa ,透平5的膨胀比为2.5,透平5的出口压力位 0.15MPa ,定向式空间辐射器10冷凝温度为 -10°C ,冷凝压力位 0.07MPa ,制冷蒸发器13的蒸发温度为 -15°C ,空间环境温度为 4K ,以上参数作为工作参数,说明循环流程,但实施过程中

所涉及的参数不对本发明构成限制。

[0028] 1、约-15℃的液态有机工质R600由工质泵1提高压力至约0.4MPa,送入冷板2中,进行加热至约25℃左右,然后进入定向式太阳能集热器4,加热至约40℃,过热度约5℃,压力约0.4MPa;

[0029] 2、从定向式太阳能集热器4出来的过热气体工质,进入透平5,推动透平5旋转,带动发电负载6发电,压力降低至约0.15MPa,仍为过热气体;

[0030] 3、由透平5排出的R600过热蒸汽作为流体进入第一喷射器8,将制冷蒸发器13出口侧的R600蒸汽,引射至第一喷射器8中,工作流体与引射流体在第一喷射器8中混合,进而通过扩压器恢复压力至约0.07MPa,温度约为14℃;

[0031] 4、从第一喷射器8中流出的R600工质气体进入定向式空间辐射器10,面向4K冷空间环境辐射换热,被冷却为饱和液体,冷凝压力约为0.07MPa,冷凝温度约为-10℃。一部分饱和冷凝液体通过第四三通阀11,经由工质泵1加热送入冷板2,完成发电循环,另一部分饱和冷凝液体工质通过第四三通阀11,进入节流阀14节流降压,压力降到约为0.06MPa,温度降低至约为-15℃。当工质泵1的电力需求降低时,通过第一断路器16和第二断路器18,实现发电负载6与蓄电装置17的连通,实现电力存贮。储液器19实现对系统工质的补充;

[0032] 5、从节流阀14流出的R600液体进入到制冷蒸发器13中蒸发,同时向外界提供冷量,蒸发压力约为0.06MPa,蒸发温度约为-15℃。当制冷蒸发器13冷量需求减少时,通过第五三通阀12,一部分液体工质进入相变蓄冷装置15,进行冷量存贮;

[0033] 6、从制冷蒸发器13或相变蓄冷装置15流出的R600液体通过第六三通阀20进入第一喷射器8中,从而完成整个循环,实现系统电能和冷量的输出。

[0034] 在透平5效率为85%,定向式空间辐射器10效率为80%,工质泵1的效率为80%的条件下,假设系统从约25℃的设备热源中回收热量约6.3kW,定向式太阳能集热器4供热约26.8kW,通过该月球基地的自循环热管理及发电系统可以向用户提供电量约1.85kW,制冷量约44.3kW,工质泵运行需求电量约46.2W。

[0035] 实施例二

[0036] 本实施例中,一种用于月球基地的自循环热管理及发电系统,其工质为R600,针对夜晚或极夜状态对循环流程进行实例说明。

[0037] 白天或极昼状态下,冷板2的温度为30℃,余热利用量为6.3kW,经过定向式太阳能集热器4加热后温度为40℃,蒸发压力为0.4MPa,透平5膨胀比为2.5,透平5出口压力为0.15MPa,定向式空间辐射器10的冷凝温度为-10℃,冷凝压力为0.07MPa,制冷蒸发器13的蒸发温度为-15℃,空间环境温度为4K,以上参数作为工作参数,说明循环流程,但实施过程中所涉及的参数不对本发明构成限制。

[0038] 1、约-15℃的液态有机工质R600由工质泵1提高压力至约0.24MPa,送入冷板2中,进行加热至约30℃左右,过热度约5℃,压力约0.24MPa;

[0039] 2、由透平5排出的R600过热蒸汽作为流体进入第一喷射器8,将制冷蒸发器13出口侧的R600蒸汽,引射至第一喷射器8中,工作流体与引射流体在第一喷射器8中混合,进而通过扩压器恢复压力至约0.03MPa,温度约为3℃;

[0040] 3、从第二喷射器21中流出的R600工质气体进入定向式空间辐射器10,面向4K冷空间环境辐射换热,被冷却为饱和液体,冷凝压力约0.07MPa,冷凝温度约-10℃。一部分饱和

冷凝液体通过第四三通阀11,经由工质泵1加热送入冷板2,完成发电循环,另一部分饱和冷凝液体工质通过第四三通阀11,进入节流阀14节流降压,压力降到约0.06MPa,温度降低至约-15℃。当工质泵1的电力需求降低时,通过第一断路器16和第二断路器18,实现发电负载6与蓄电装置17的连通,实现电力存贮;储液器19实现对系统工质的补充;

[0041] 4、从节流阀14流出的R600液体进入到制冷蒸发器13中蒸发,同时向外界提供冷量,蒸发压力约0.06MPa,蒸发温度约-15℃。当制冷蒸发器13冷量需求减少时,通过第五三通阀12,一部分液体工质进入相变蓄冷装置15,进行冷量存贮;

[0042] 5、从制冷蒸发器13或相变蓄冷装置15流出的R600液体经第六三通阀20进入第二喷射器21中,从而完成整个循环,实现系统电能和冷量的输出。

[0043] 在透平5效率为85%,定向式空间辐射器10效率为80%,泵效率为80%的条件下,假设系统从30℃的设备热源中回收热量约6.3kW,通过该月球基地的自循环热管理及发电系统可以向用户提供电量约300kW,制冷量约5.6kW,工质泵运行需求电量约5W。

[0044] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

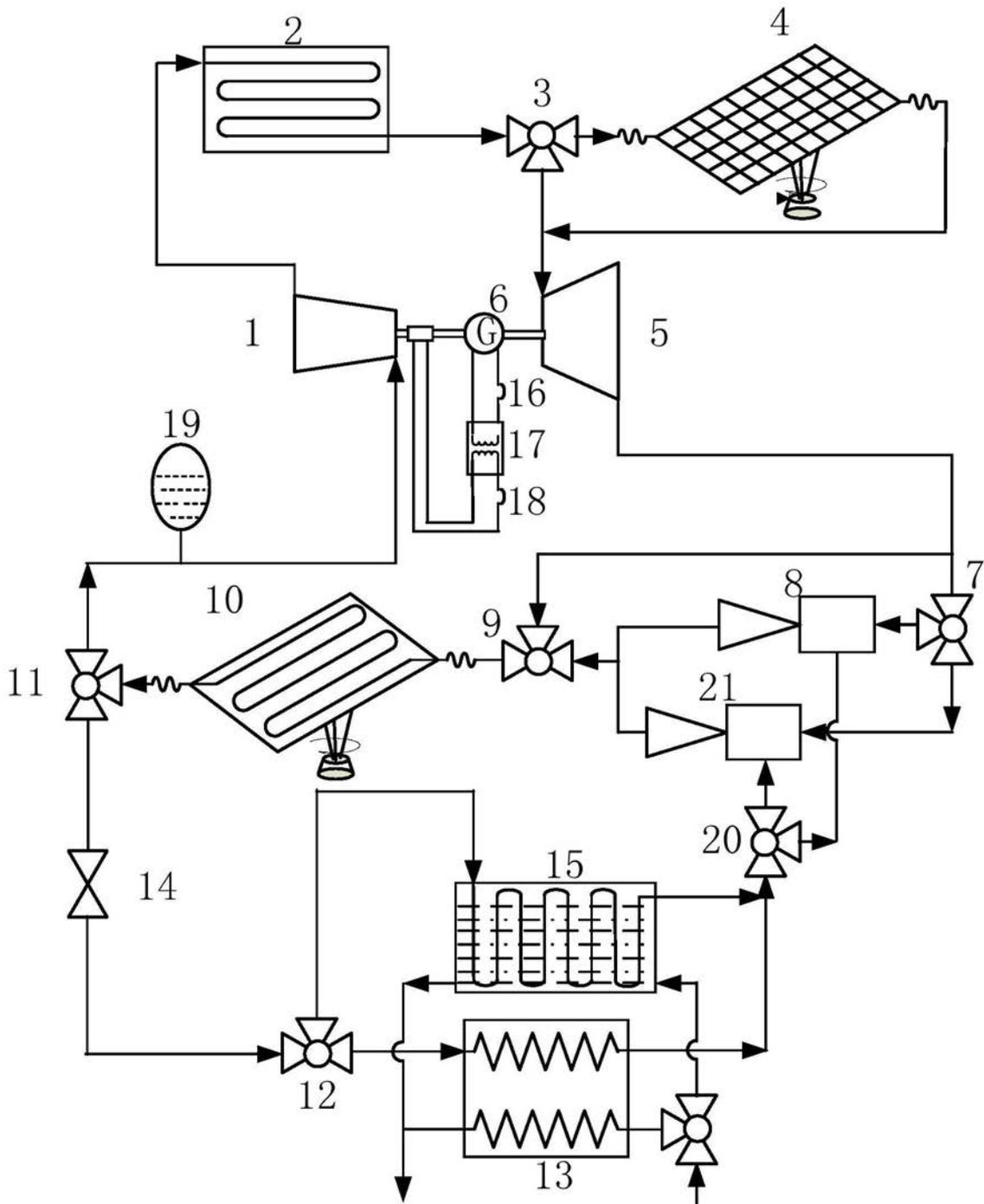


图1