(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 107560209 A
(43)申请公布日 2018.01.09

(21)申请号 201710958608.9

(22)申请日 2017.10.16

(66)本国优先权数据
201710763973.4 2017.08.30 CN

(71)申请人 浙江理工大学
地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号大街5号

(72)发明人 王厉

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212
代理人 金祺

(51)Int.Cl.
F25B 3/00(2006.01)

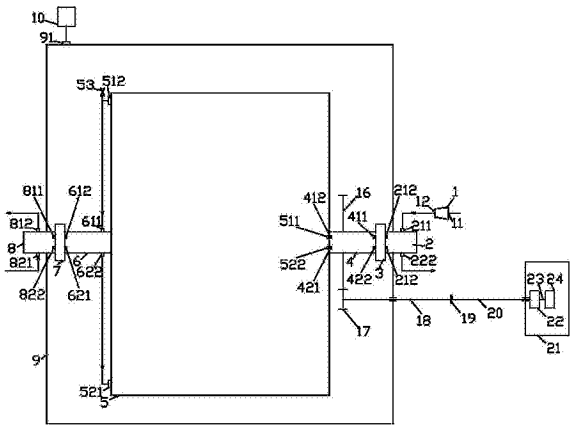
权利要求书6页 说明书18页 附图3页

(54)发明名称

超重力气体循环制冷系统和方法

(57)摘要

本发明提供一种超重力气体循环制冷系统，包括旋转螺旋换热器、双通道旋转管一、双通道旋转管二、双通道固定管一、双通道固定管二和压缩机，双通道旋转管一、双通道旋转管二、双通道固定管一、双通道固定管二和旋转螺旋换热器内都分别设置有制冷工质通道和冷却介质通道，压缩机、双通道旋转管一、双通道固定管一、旋转螺旋换热器、双通道固定管二和双通道旋转管二依次连接；本发明还提供一种超重力气体循环制冷方法，制冷工质依次通过压缩机、双通道旋转管一、双通道固定管一进入旋转螺旋换热器，在旋转螺旋换热器中向冷却介质放热，然后依次通过双通道固定管二和双通道旋转管一排出，冷却介质的流动过程与制冷工质相反。



CN 107560209 A

1.超重力气体循环制冷系统，其特征在于：包括旋转螺旋换热器(5)、双通道旋转管、双通道固定管和压缩机(1)；

所述双通道旋转管包括双通道旋转管一(4)和双通道旋转管二(6)，双通道固定管包括双通道固定管一(2)和双通道固定管二(8)；所述双通道旋转管一(4)、双通道旋转管二(6)、双通道固定管一(2)和双通道固定管二(8)内都分别设置有制冷工质通道和冷却介质通道；

所述双通道固定管一(2)设置有与其制冷工质通道连通的双通道固定管一制冷工质通道进口(211)和双通道固定管一制冷工质通道出口(212)，双通道固定管一(2)设置有与其冷却介质通道连通的双通道固定管一冷却介质通道进口(221)和双通道固定管一冷却介质通道出口(222)；

所述双通道旋转管一(4)设置有与其制冷工质通道连通的双通道旋转管一制冷工质通道进口(411)和双通道旋转管一制冷工质通道出口(412)，双通道旋转管一(4)设置有与其冷却介质通道连通的双通道旋转管一冷却介质通道进口(421)和双通道旋转管一冷却介质通道出口(422)；

所述双通道固定管二(8)设置有与其制冷工质通道连通的双通道固定管二制冷工质通道进口(811)和双通道固定管二制冷工质通道出口(812)，双通道固定管二(8)设置有与其冷却介质通道连通的双通道固定管二冷却介质通道进口(821)和双通道固定管二冷却介质通道出口(822)；

所述双通道旋转管二(6)设置有与其制冷工质通道连通的双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)和双通道旋转管二制冷工质通道出口(612)，双通道旋转管二(6)设置有与其冷却介质通道连通的双通道旋转管二冷却介质通道进口(621)和双通道旋转管二冷却介质通道出口(622)；

所述旋转螺旋换热器(5)内间隔螺旋设置有制冷工质通道和冷却介质通道，旋转螺旋换热器(5)的轴心位置设置有连通其制冷工质通道的制冷工质通道进口(511)和连通其冷却介质通道的冷却介质通道出口(522)；所述旋转螺旋换热器(5)的边缘位置设置有连通其制冷工质通道的制冷工质通道出口(512)和连通其冷却介质通道的冷却介质通道进口(521)；

所述双通道固定管一(2)和双通道旋转管一(4)设置在旋转螺旋换热器(5)一侧，双通道固定管二(8)和双通道旋转管二(6)设置在旋转螺旋换热器(5)另一侧；

所述压缩机(1)设置有压缩机进口(11)和压缩机出口(12)，压缩机出口(12)与双通道固定管一制冷工质通道进口(211)连通；双通道固定管一制冷工质通道出口(212)通过旋转接头一(3)与双通道旋转管一制冷工质通道进口(411)连通；所述双通道旋转管一制冷工质通道出口(412)与制冷工质通道进口(511)连通，制冷工质通道出口(512)与双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)连通，双通道旋转管二制冷工质通道出口(612)通过旋转接头二(7)与双通道固定管二制冷工质通道进口(811)连通；

所述双通道固定管二冷却介质通道进口(821)与外部冷却介质进口管路连通，双通道固定管二冷却介质通道出口(822)通过旋转接头二(7)连接双通道旋转管二冷却介质通道进口(621)，双通道旋转管二冷却介质通道出口(622)与冷却介质通道进口(521)连通，冷却介质通道出口(522)与双通道旋转管一冷却介质通道进口(421)连通；所述双通道旋转管一冷却介质通道出口(422)通过旋转接头一(3)与双通道固定管一冷却介质通道进口(221)连

接，双通道固定管一冷却介质通道出口(222)连接外部冷却介质出口管路。

2.根据权利要求1所述的超重力气体循环制冷系统，其特征在于：超重力气体循环制冷系统还包括外部储能系统；所述外部储能系统包括驱动齿轮(16)、中间轴齿轮(17)、中间轴(18)、离合器(19)、外部储能装置轴(20)和外部储能装置(21)；所述外部储能装置(21)包括无级变速器(22)、内部传动轴(23)和储能器(24)；所述驱动齿轮(16)与旋转管一(4)固定连接，驱动齿轮(16)与中间轴齿轮(17)传动连接，中间齿轮(17)与中间轴(18)固定连接，中间轴(18)通过离合器(19)与外部储能装置轴(20)连接；所述外部储能装置轴(20)通过无级变速器(22)与内部传动轴(23)连接，内部传动轴(23)与储能器(24)连接。

3.根据权利要求2所述的超重力气体循环制冷系统，其特征在于：所述旋转螺旋换热器(5)设置在真空保护壳(9)内，真空保护壳(9)上设置有真空保护壳气体出口(91)，真空保护壳气体出口(91)与真空泵(10)的进口连通。

4.根据权利要求3所述的超重力气体循环制冷系统，其特征在于：所述旋转螺旋换热器(5)为旋转螺旋板式换热器，由相互贴合的两个板式换热通道从轴心开式螺旋卷绕为圆筒形，或者旋转螺旋换热器(5)为螺旋管板式换热器，由相互贴合的板式换热通道和管子从轴心开式螺旋卷绕为圆筒形。

5.根据权利要求4所述的超重力气体循环制冷系统，其特征在于：所述制冷工质通道出口(512)和双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)之间设置有冷凝水排出阀(53)。

6.根据权利要求4所述的超重力气体循环制冷系统，其特征在于：超重力气体循环制冷系统还包括换热器(13)；所述换热器(13)中设置有吸热管道和放热通道；所述双通道固定管二制冷工质通道出口(812)通过换热器(13)的吸热管道与压缩机进口(11)连通；所述换热器放热通道与外部低温热源连接。

7.根据权利要求6所述的超重力气体循环制冷系统，其特征在于：超重力气体循环制冷系统还包括冷却器(14)；所述冷却器(14)中设置有吸热管道和放热通道；所述压缩机出口(12)通过冷却器(14)的放热通道与双通道固定管一制冷工质通道进口(211)连通；所述冷却器(14)的吸热管道与外部冷却源连接。

8.根据权利要求7所述的超重力气体循环制冷系统，其特征在于：超重力气体循环制冷系统还包括节流阀(15)；所述双通道固定管二制冷工质通道出口(812)依次通过节流阀(15)和换热器(13)的吸热管道与压缩机进口(11)连通。

9.利用权利要求1-5任一所述的超重力气体循环制冷系统的开式超重力气体循环制冷方法，其特征在于，包括以下步骤：

1.11驱动旋转螺旋换热器(5)、双通道旋转管一(4)和双通道旋转管二(6)维持一定转速的旋转运动，从而在旋转螺旋换热器(5)的制冷工质通道和冷却介质通道产生超重力效应；

1.12常压室温的空气从室内通过制冷工质进口管路进入压缩机进口(11)，被压缩机(1)绝热压缩后，压力上升，温度增加，然后空气从压缩机出口(12)流出，通过双通道固定管一制冷工质通道进口(211)进入双通道固定管一(2)的制冷工质通道，再通过双通道固定管一制冷工质通道出口(212)经过旋转接头一(3)和双通道旋转管一制冷工质通道进口(411)进入双通道旋转管一(4)的制冷工质通道，之后从双通道旋转管一制冷工质通道出口(412)经过制冷工质通道进口(511)进入旋转螺旋管换热器(5)的制冷工质通道，在压差力和惯性

力的共同作用下，空气在旋转螺旋管换热器(5)的制冷工质通道中螺旋向外流动，被离心力逐渐压缩，空气压力升高，刚开始空气温度低于与之相邻旋转螺旋管换热器(5)的冷却介质通道中冷却介质的温度时，空气将吸收相邻螺旋管换热器(5)的冷却介质通道中的冷却介质传来的热量，空气温度在压缩及吸热作用下逐步增加到与之相邻的冷却介质温度之上，此后，空气在旋转螺旋管换热器(5)的制冷工质通道中流动时继续被压缩，但将向旋转螺旋管换热器(5)的冷却介质通道中的冷却介质放出热量，使得压缩过程中的制冷工质温度始终不会过热很多，当空气到达制冷工质通道出口(512)时，压力达到最大，温度略高于冷却介质通道进口(521)的冷却介质温度；

1.13空气从制冷工质通道出口(512)流出，通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)绝热流动，压强不断降低，惯性势能增加，温度不断下降，当空气到达双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)时，空气压力降低到常压，温度降低到比室内的空气更低，成为常压低温空气；常压低温空气通过双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)进入双通道旋转管二(6)的制冷工质通道，再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口(612)、旋转接头二(7)和双通道固定管二制冷工质通道进口(811)进入双通道固定管二(8)的制冷工质通道，最后从双通道固定管二制冷工质通道出口(812)进入制冷工质出口管路后流到室内；

1.14送入室内的常压低温空气吸收房间的热量后，温度增加，成为常压室温空气再重新通过制冷工质进口管路进入压缩机进口(11)，如此循环；

1.15冷却介质通过外部冷却介质进口管路通过双通道固定管二冷却介质通道进口(821)进入双通道固定管二(8)的冷却介质通道，然后依次通过双通道固定管二冷却介质通道出口(822)、旋转接头二(7)和双通道旋转管二冷却介质通道进口(621)进入双通道旋转管二(6)的冷却介质通道，再从双通道旋转管二冷却介质通道出口(622)流出，通过管道向位于旋转螺旋换热器(5)的边缘位置的冷却介质通道进口(521)绝热流动，冷却介质压力增加，温度基本不变，惯性势能降低；

1.16冷却介质从冷却介质通道进口(521)进入旋转螺旋换热器(5)的冷却介质通道后，在压差力和惯性力的共同作用下，冷却介质在旋转螺旋换热器(5)的冷却介质通道中螺旋向内流动，压力逐渐降低，同时冷却介质吸收旋转螺旋管换热器(5)中相邻制冷工质通道中空气的热量，冷却介质温度增加，惯性势能增加，当冷却介质温度增加到相邻制冷工质温度以上时，又会向相邻空气排放热量，温度降低，然后冷却介质通过冷却介质通道出口(522)和双通道旋转管一冷却介质通道进口(421)进入双通道旋转管一(4)的冷却介质通道；再依次通过双通道旋转管一冷却介质通道出口(422)、旋转接头一(3)和双通道固定管一冷却介质通道进口(221)进入双通道固定管一(4)的冷却介质通道，最后从双通道固定管一冷却介质通道出口(222)通过外部冷却介质出口管路流回外部冷却源；

1.17流回外部冷却源的冷却介质在外部冷却源放热后，温度降低，然后又通过外部冷却介质进口管路重新进入双通道固定管二冷却介质通道进口(821)，如此循环。

10.根据权利要求9所述的开式超重力气体循环制冷方法，其特征在于：

1.13制冷工质从制冷工质通道出口(512)流出，通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)绝热流动，压强不断降低，惯性势能增加，温度不断下降；同时在制冷工质膨胀过程中当制冷工质温度低于其露点温度时，制冷工质中含有的水蒸汽会冷凝从冷凝水排出阀(53)排出；制冷工质通过双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)进入双通道旋转管

二(6)的制冷工质通道,再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口(612)、旋转接头二(7)和双通道固定管二制冷工质通道进口(811)进入双通道固定管二(8)的制冷工质通道,最后从双通道固定管二制冷工质通道出口(812)进入制冷工质出口管路后流到室内。

11.利用权利要求6-8任一所述的超重力气体循环制冷系统的闭式超重力气体循环制冷方法,其特征在于:

2.11驱动旋转螺旋换热器(5)、双通道旋转管一(4)和双通道旋转管二(6)维持一定转速的旋转运动,从而在旋转螺旋换热器(5)的制冷工质通道和冷却介质通道产生超重力效应;

2.12低压低温的二氧化碳气体通过制冷工质进口管路进入压缩机进口(11),被压缩机(1)绝热压缩后,压力上升,温度增加,然后从压缩机出口(12)流出,通过双通道固定管一制冷工质通道进口(211)进入双通道固定管一(2)的制冷工质通道,再依次通过双通道固定管一制冷工质通道出口(212)、旋转接头一(3)和双通道旋转管一制冷工质通道进口(411)进入双通道旋转管一(4)的制冷工质通道,之后从双通道旋转管一制冷工质通道出口(411)进入制冷工质通道进口(511),在压差力和惯性力的共同作用下,二氧化碳气体在旋转螺旋管换热器(5)的制冷工质通道中螺旋向外流动,被离心力逐渐压缩,压力升高,同时向旋转螺旋管换热器(5)的冷却介质通道中的冷却介质放出热量,使得压缩过程中的二氧化碳温度始终不会过热很多,当二氧化碳到达位于边缘位置的制冷工质通道出口(512)时,压力达到高压,成为高温高压二氧化碳,温度略高于冷却介质通道进口(521)的冷却介质温度;

2.13高温高压二氧化碳从旋转螺旋换热器制冷工质通道出口(512)流出,通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)绝热流动,压强不断降低,惯性势能增加,温度不断下降,当二氧化碳到达双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)时,压力降低到低压的亚临界区,温度降低,成为低温低压二氧化碳液体;低温低压二氧化碳液体进入双通道旋转管二(6)的制冷工质通道,再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口(612)、旋转接头二(7)和双通道固定管二制冷工质通道进口(811)进入双通道固定管二(8)的制冷工质通道,最后从双通道固定管二制冷工质通道出口(812)进入换热器(13)的吸热通道;

2.14低温低压二氧化碳液体在换热器(13)的吸热通道中吸收与外部低温热源相连的放热通道中介质放出的热量后,干度增加,成为低温低压的二氧化碳气体,然后再通过制冷工质进口管路进入压缩机进口(11),如此循环;

2.15冷却介质通过外部冷却介质进口管路通过双通道固定管二冷却介质通道进口(821)进入双通道固定管二(8)的冷却介质通道,然后依次通过双通道固定管二冷却介质通道出口(822)、旋转接头二(7)和双通道旋转管二冷却介质通道进口(621)进入双通道旋转管二(6)的冷却介质通道,再从双通道旋转管二冷却介质通道出口(622)流出,通过管道向位于旋转螺旋换热器(5)的边缘位置的冷却介质通道进口(521)绝热流动,冷却介质压力增加,温度基本不变,惯性势能降低;

2.16冷却介质从冷却介质通道进口(521)进入旋转螺旋换热器(5)的冷却介质通道后,在压差力和惯性力的共同作用下,冷却介质在旋转螺旋换热器(5)的冷却介质通道中螺旋向内流动,压力逐渐降低,同时冷却介质吸收旋转螺旋管换热器(5)中相邻制冷工质通道中二氧化碳的热量,冷却介质温度增加,惯性势能增加,当冷却介质温度增加到相邻二氧化碳温度以上时,又会向相邻二氧化碳排放热量,温度降低,然后冷却介质通过冷却介质通道出

口(522)和双通道旋转管一冷却介质通道进口(421)进入双通道旋转管一(4)的冷却介质通道;再依次通过双通道旋转管一冷却介质通道出口(422)、旋转接头一(3)和双通道固定管一冷却介质通道进口(221)进入双通道固定管一(4)的冷却介质通道,最后从双通道固定管一冷却介质通道出口(222)通过外部冷却介质出口管路流回外部冷却源;

2.17流回外部冷却源的冷却介质在外部冷却源放热后,温度降低,然后又通过外部冷却介质进口管路重新进入双通道固定管二冷却介质通道进口(821),如此循环。

12.根据权利要求11所述的闭式超重力气体循环制冷方法,其特征在于:

2.12低压低温的二氧化碳气体通过制冷工质进口管路进入压缩机进口(11),被压缩机(1)绝热压缩后,压力上升,温度增加,然后从压缩机出口(12)流出后进入冷却器(14)的放热通道,二氧化碳气体在冷却器(14)的放热通道中向冷却器(14)的放热通道中的介质放出热量,温度降低,压力基本保持不变,接着降温后的二氧化碳气体通过双通道固定管一制冷工质通道进口(211)进入双通道固定管一(2)的制冷工质通道,再依次通过双通道固定管一制冷工质通道出口(212)、旋转接头一(3)和双通道旋转管一制冷工质通道进口(411)进入双通道旋转管一(4)的制冷工质通道,之后从双通道旋转管一制冷工质通道出口(411)进入制冷工质通道进口(511),在压差力和惯性力的共同作用下,二氧化碳气体在旋转螺旋管换热器(5)的制冷工质通道中螺旋向外流动,被离心力逐渐压缩,压力升高,同时向旋转螺旋管换热器(5)的冷却介质通道中的冷却介质放出热量,使得压缩过程中的二氧化碳温度始终不会过热很多,当二氧化碳到达位于边缘位置的制冷工质通道出口(512)时,压力达到高压,成为高温高压二氧化碳,温度略高于冷却介质通道进口(521)的冷却介质温度。

13.根据权利要求12所述的闭式超重力气体循环制冷方法,其特征在于:

2.13高温高压二氧化碳从旋转螺旋换热器制冷工质通道出口(512)流出,通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)绝热流动,压强不断降低,惯性势能增加,温度不断下降,当二氧化碳到达双通道旋转管二制冷工质通道进口(611)时,压力降低到低压的亚临界区,温度降低,成为低温低压二氧化碳液体;低温低压二氧化碳液体进入双通道旋转管二(6)的制冷工质通道,再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口(612)、旋转接头二(7)和双通道固定管二制冷工质通道进口(811)进入双通道固定管二(8)的制冷工质通道,然后从双通道固定管二制冷工质通道出口(812)流出后进入节流阀(15),通过节流阀(15)的低温低压二氧化碳液体温度和压力进一步降低,成为更低压力下具有一定干度的二氧化碳混合液体,之后二氧化碳混合液体进入换热器(13)的吸热通道;

2.14二氧化碳混合液体在换热器(13)的吸热通道中吸收与外部低温热源相连的放热通道中介质放出的热量后,干度增加,成为低温低压的二氧化碳气体,然后再进入压缩机进口(11),如此循环。

14.根据权利要求10或13所述的开式或闭式超重力气体循环制冷方法,其特征在于:

当双通道固定管二制冷工质通道出口(812)的空气或二氧化碳温度变化时,可通过调整旋转螺旋换热器(5)的转速及压缩机(1)做功来适应,即当所需温度更低时,加大转速和压缩机(1)做功,反之,则减小转速和压缩机(1)做功;

旋转螺旋换热器(5)在真空保护壳(9)内旋转,当真空保护壳(9)内的真空度不够时,启动真空泵(10),通过真空保护壳气体出口(91)抽出真空保护壳(9)内的空气以达到要求真空度;

当旋转螺旋换热器(5)需要增加转速时，离合器(19)闭合，储能器(24)通过内部传动轴(23)向无级变速器(22)输出扭矩，无级变速器(22)向外部储能装置轴(20)输出扭矩，外部储能装置轴(20)向中间轴(18)输出扭矩，中间轴(18)通过中间轴齿轮(17)向驱动齿轮(16)输出扭矩，驱动齿轮(16)向双通道旋转管一(4)输出扭矩，从而使得旋转螺旋换热器(5)转速加快，当转速加到设定值时，离合器(19)打开，中间轴(18)不再接受外部储能装置轴(20)的扭矩；当旋转螺旋换热器(5)需要减速时，离合器(19)闭合，双通道旋转管一(4)向驱动齿轮(16)输出扭矩，驱动齿轮(16)通过中间轴齿轮(17)向中间轴(18)输出扭矩，中间轴(18)向外部储能装置轴(20)输出扭矩，外部储能装置轴(20)向无级变速器(22)输出扭矩，无级变速器(22)通过内部传动轴(23)输出扭矩，内部传动轴(23)向储能器(24)输出扭矩，从而将旋转螺旋换热器(5)的减速能量储存在储能器(24)中，当转速减到设定值时，离合器(19)打开，中间轴(18)不再向外部储能装置轴(20)输出扭矩。

超重力气体循环制冷系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及制冷技术领域，具体涉及超重力气体循环制冷系统和方法。

背景技术

[0002] 传统的气体制冷循环分为无相变的气体制冷循环和部分相变的气体制冷循环两种。前者的代表有以空气为制冷工质的空气循环制冷系统，后者代表有二氧化碳跨临界循环制冷系统。典型的空气制冷循环包括两个等压过程、一个等熵膨胀和一个等熵压缩过程。空气循环制冷的最大特点是制冷工质不污染环境，即使存在泄露也没有任何影响，而且可以将制冷后的空气直接送入空调房间，省却了室内侧换热器，减少了换热温差。同时，为了进一步提升系统效率，还可以在系统中采用回热循环。通常，空气循环制冷系统需要一个空气压缩机和一个膨胀机，两者采用同轴布置，其中膨胀机将空气膨胀过程中输出的功通过轴输送给空气压缩机，实现膨胀功的回收利用。

[0003] 传统空气循环制冷系统存在的缺点是系统效率低下，所以要尽量采用高效率透平机械，但这又使得系统技术经济价值降低。究其原因是因为在系统中存在轴功-压力能和压力能-轴功这两个转换过程，由于每个过程所需要的功都比系统循环所实际需要的功大很多，因此每个转换过程的不可逆损失会使得系统效率大大降低。

[0004] 提升空气循环制冷系统效率的根本途径是使得压缩和膨胀过程具备很高的效率，但采用通常的轴功-压力能转换装置却较难实现。

[0005] 典型的跨临界二氧化碳制冷循环包括一个等熵压缩过程，一个等压排热过程，节流过程和等压吸热过程。虽然二氧化碳也是一种良好的天然制冷剂，但二氧化碳跨临界循环通常过热较大，COP不高，运行经济性不好。

[0006] 申请号为201510348645.9的专利提出了一种超重力制冷装置，该装置利用超重力旋转实现压力能的提升与降低，即制冷介质在管道中流动时自然实现压力能和惯性势能之间的相互转换，避免了传统的轴功-压力能转换过程，制冷介质只有流动损失，没有圆盘损失、容积损失和动静转换损失，也可以避免或减少节流损失，因此可以大大提高升压/降压过程的能量利用效率，但该系统通过超高压液泵驱动，在应用中较难实现。申请号为US5168726(A)的专利也提出了类似的系统，该系统也以超重力旋转为特点，针对相变制冷剂，它设想从旋转轴输入系统运行所需的轴功，但根据动量矩守恒定律，从旋转轴输入的轴功在该种情况并不能传递给管内工质，因此该系统实际上存在原理错误，不能真正运行。

[0007] 为此，有必要将超重力技术的特点与气体循环制冷技术相结合，使得可以避免在如空气循环制冷系统中使用昂贵的同轴压缩-膨胀透平机械，提升能量回收效率和系统制冷效率，也可以应用于如二氧化碳跨临界循环制冷系统中，减少其过热损失和节流损失，从而从整体上增强气体循环制冷系统的可行性。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是提供一种高效的超重力气体循环制冷系统和方法。

[0009] 为了解决上述技术问题，本发明提供一种超重力气体循环制冷系统，包括旋转螺旋换热器、双通道旋转管、双通道固定管和压缩机；

[0010] 所述双通道旋转管包括双通道旋转管一和双通道旋转管二，双通道固定管包括双通道固定管一和双通道固定管二；所述双通道旋转管一、双通道旋转管二、双通道固定管一和双通道固定管二内都分别设置有制冷工质通道和冷却介质通道；

[0011] 所述双通道固定管一设置有与其制冷工质通道连通的双通道固定管一制冷工质通道进口和双通道固定管一制冷工质通道出口，双通道固定管一设置有与其冷却介质通道连通的双通道固定管一冷却介质通道进口和双通道固定管一冷却介质通道出口；

[0012] 所述双通道旋转管一设置有与其制冷工质通道连通的双通道旋转管一制冷工质通道进口和双通道旋转管一制冷工质通道出口，双通道旋转管一设置有与其冷却介质通道连通的双通道旋转管一冷却介质通道进口和双通道旋转管一冷却介质通道出口；

[0013] 所述双通道固定管二设置有与其制冷工质通道连通的双通道固定管二制冷工质通道进口和双通道固定管二制冷工质通道出口，双通道固定管二设置有与其冷却介质通道连通的双通道固定管二冷却介质通道进口和双通道固定管二冷却介质通道出口；

[0014] 所述双通道旋转管二设置有与其制冷工质通道连通的双通道旋转管二制冷工质通道进口和双通道旋转管二制冷工质通道出口，双通道旋转管二设置有与其冷却介质通道连通的双通道旋转管二冷却介质通道进口和双通道旋转管二冷却介质通道出口；

[0015] 所述旋转螺旋换热器中间隔螺旋设置有制冷工质通道和冷却介质通道，旋转螺旋换热器的轴心位置设置有连通其制冷工质通道的制冷工质通道进口和连通其冷却介质通道的冷却介质通道出口；旋转螺旋换热器的边缘位置设置有连通其制冷工质通道的制冷工质通道出口和连通其冷却介质通道的冷却介质通道进口；

[0016] 所述双通道固定管一和双通道旋转管一设置在旋转螺旋换热器一侧，双通道固定管二和双通道旋转管二设置在旋转螺旋换热器另一侧；

[0017] 所述压缩机设置有压缩机进口和压缩机出口，压缩机出口与双通道固定管一制冷工质通道进口连通；双通道固定管一制冷工质通道出口通过旋转接头一与双通道旋转管一制冷工质通道进口连通；所述双通道旋转管一制冷工质通道出口与制冷工质通道进口连通，制冷工质通道出口与双通道旋转管二制冷工质通道进口连通，双通道旋转管二制冷工质通道出口通过旋转接头二与双通道固定管二制冷工质通道进口连通；

[0018] 所述双通道固定管二冷却介质通道进口与外部冷却介质进口管路连通，双通道固定管二冷却介质通道出口通过旋转接头二连接双通道旋转管二冷却介质通道进口，双通道旋转管二冷却介质通道出口与冷却介质通道进口连通，冷却介质通道出口与双通道旋转管一冷却介质通道进口连通；所述双通道旋转管一冷却介质通道出口通过旋转接头一与双通道固定管一冷却介质通道进口连接，双通道固定管一冷却介质通道出口连接外部冷却介质出口管路。

[0019] 作为对本发明一种超重力气体循环制冷系统的改进：超重力气体循环制冷系统还包括外部储能系统；所述外部储能系统包括驱动齿轮、中间轴齿轮、中间轴、离合器、外部储能装置轴和外部储能装置；所述外部储能装置包括无级变速器、内部传动轴和储能器；所述驱动齿轮与旋转管一固定连接，驱动齿轮与中间轴齿轮传动连接，中间齿轮与中间轴固定连接，中间轴通过离合器与外部储能装置轴连接；所述外部储能装置轴通过无级变速器与

内部传动轴连接，内部传动轴与储能器连接。储能器为飞轮储能器或液压储能器或电化学储能器。

[0020] 作为对本发明一种超重力气体循环制冷系统的进一步改进：所述旋转螺旋换热器设置在真空保护壳内，真空保护壳上设置有真空保护壳气体出口，真空保护壳气体出口与真空泵的进口连通。

[0021] 作为对本发明一种超重力气体循环制冷系统的进一步改进：所述旋转螺旋换热器为旋转螺旋板式换热器，由相互贴合的两个板式换热通道从轴心开式螺旋卷绕为圆筒形，或者旋转螺旋换热器为螺旋管板式换热器，由相互贴合的板式换热通道和管子从轴心开式螺旋卷绕为圆筒形。

[0022] 作为对本发明一种超重力气体循环制冷系统的进一步改进：所述制冷工质通道出口和双通道旋转管二制冷工质通道进口之间设置有冷凝水排出阀。

[0023] 作为对本发明一种超重力气体循环制冷系统的进一步改进：超重力气体循环制冷系统还包括换热器；所述换热器中设置有吸热管道和放热通道；所述双通道固定管二制冷工质通道出口通过换热器的吸热管道与压缩机进口连通；所述换热器放热通道与外部低温热源连接。

[0024] 作为对本发明一种超重力气体循环制冷系统的进一步改进：超重力气体循环制冷系统还包括冷却器；所述冷却器中设置有吸热管道和放热通道；所述压缩机出口通过冷却器的放热通道与双通道固定管一制冷工质通道进口连通；所述冷却器的吸热管道与外部冷却源连接。

[0025] 作为对本发明一种超重力气体循环制冷系统的进一步改进：超重力气体循环制冷系统还包括节流阀；所述双通道固定管二制冷工质通道出口依次通过节流阀和换热器的吸热管道与压缩机进口连通。

[0026] 本发明还提供一种超重力气体循环制冷方法，包括以下步骤：

[0027] 1.11驱动旋转螺旋换热器、双通道旋转管一和双通道旋转管二维持一定转速的旋转运动，从而在旋转螺旋换热器的制冷工质通道和冷却介质通道产生超重力效应；

[0028] 1.12常压室温的空气从室内通过制冷工质进口管路进入压缩机进口，被压缩机绝热压缩后，压力上升，温度增加，然后空气从压缩机出口流出，通过双通道固定管一制冷工质通道进口进入双通道固定管一的制冷工质通道，再通过双通道固定管一制冷工质通道出口经过旋转接头一和双通道旋转管一制冷工质通道进口进入双通道旋转管一的制冷工质通道，之后从双通道旋转管一制冷工质通道出口经过制冷工质通道进口进入旋转螺旋管换热器的制冷工质通道，在压差力和惯性力的共同作用下，空气在旋转螺旋管换热器的制冷工质通道中螺旋向外流动，被离心力逐渐压缩，空气压力升高，刚开始空气温度低于与之相邻旋转螺旋管换热器的冷却介质通道中冷却介质的温度时，空气将吸收相邻螺旋管换热器的冷却介质通道中的冷却介质传来的热量，空气温度在压缩及吸热作用下逐步增加到与之相邻的冷却介质温度之上，此后，空气在旋转螺旋管换热器的制冷工质通道中流动时继续被压缩，但将向旋转螺旋管换热器的冷却介质通道中的冷却介质放出热量，使得压缩过程中的制冷工质温度始终不会过热很多，当空气到达制冷工质通道出口时，压力达到最大，温度略高于冷却介质通道进口的冷却介质温度；

[0029] 1.13空气从制冷工质通道出口流出，通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进

口绝热流动，压强不断降低，惯性势能增加，温度不断下降，当空气到达双通道旋转管二制冷工质通道进口时，空气压力降低到常压，温度降低到比室内的空气更低，成为常压低温空气；常压低温空气通过双通道旋转管二制冷工质通道进口进入双通道旋转管二的制冷工质通道，再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口、旋转接头二和双通道固定管二制冷工质通道进口进入双通道固定管二的制冷工质通道，最后从双通道固定管二制冷工质通道出口进入制冷工质出口管路后流到室内；

[0030] 1.14送入室内的常压低温空气吸收房间的热量后，温度增加，成为常压室温空气再重新通过制冷工质进口管路进入压缩机进口，如此循环；

[0031] 1.15冷却介质通过外部冷却介质进口管路通过双通道固定管二冷却介质通道进口进入双通道固定管二的冷却介质通道，然后依次通过双通道固定管二冷却介质通道出口、旋转接头二和双通道旋转管二冷却介质通道进口进入双通道旋转管二的冷却介质通道，再从双通道旋转管二冷却介质通道出口流出，通过管道向位于旋转螺旋换热器的边缘位置的冷却介质通道进口绝热流动，冷却介质压力增加，温度基本不变，惯性势能降低；

[0032] 1.16冷却介质从冷却介质通道进口进入旋转螺旋换热器的冷却介质通道后，在压差力和惯性力的共同作用下，冷却介质在旋转螺旋换热器的冷却介质通道中螺旋向内流动，压力逐渐降低，同时冷却介质吸收旋转螺旋管换热器中相邻制冷工质通道中空气的热量，冷却介质温度增加，惯性势能增加，当冷却介质温度增加到相邻制冷工质温度以上时，又会向相邻空气排放热量，温度降低，然后冷却介质通过冷却介质通道出口和双通道旋转管一冷却介质通道进口进入双通道旋转管一的冷却介质通道；再依次通过双通道旋转管一冷却介质通道出口、旋转接头一和双通道固定管一冷却介质通道进口进入双通道固定管一的冷却介质通道，最后从双通道固定管一冷却介质通道出口通过外部冷却介质出口管路流回外部冷却源；

[0033] 1.17流回外部冷却源的冷却介质在外部冷却源放热后，温度降低，然后又通过外部冷却介质进口管路重新进入双通道固定管二冷却介质通道进口，如此循环。

[0034] 作为对本发明超重力气体循环制冷方法的改进：

[0035] 1.13制冷工质从制冷工质通道出口流出，通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进口绝热流动，压强不断降低，惯性势能增加，温度不断下降；同时在制冷工质膨胀过程中当制冷工质温度低于其露点温度时，制冷工质中含有的水蒸汽会冷凝从冷凝水排出阀排出；制冷工质通过双通道旋转管二制冷工质通道进口进入双通道旋转管二的制冷工质通道，再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口、旋转接头二和双通道固定管二制冷工质通道进口进入双通道固定管二的制冷工质通道，最后从双通道固定管二制冷工质通道出口进入制冷工质出口管路后流到室内。

[0036] 本发明还提供另一种超重力气体循环制冷方法：

[0037] 2.11驱动旋转螺旋换热器、双通道旋转管一和双通道旋转管二维持一定转速的旋转运动，从而在旋转螺旋换热器的制冷工质通道和冷却介质通道产生超重力效应；

[0038] 2.12低压低温的二氧化碳气体通过制冷工质进口管路进入压缩机进口，被压缩机绝热压缩后，压力上升，温度增加，然后从压缩机出口流出，通过双通道固定管一制冷工质通道进口进入双通道固定管一的制冷工质通道，再依次通过双通道固定管一制冷工质通道出口、旋转接头一和双通道旋转管一制冷工质通道进口进入双通道旋转管一的制冷工质通

道，之后从双通道旋转管一制冷工质通道出口进入制冷工质通道进口，在压差力和惯性力的共同作用下，二氧化碳气体在旋转螺旋管换热器的制冷工质通道中螺旋向外流动，被离心力逐渐压缩，压力升高，同时向旋转螺旋管换热器的冷却介质通道中的冷却介质放出热量，使得压缩过程中的二氧化碳温度始终不会过热很多，当二氧化碳到达位于边缘位置的制冷工质通道出口时，压力达到高压，成为高温高压二氧化碳，温度略高于冷却介质通道进口的冷却介质温度；

[0039] 2.13高温高压二氧化碳从旋转螺旋换热器制冷工质通道出口流出，通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进口绝热流动，压强不断降低，惯性势能增加，温度不断下降，当二氧化碳到达双通道旋转管二制冷工质通道进口时，压力降低到低压的亚临界区，温度降低，成为低温低压二氧化碳液体；低温低压二氧化碳液体进入双通道旋转管二的制冷工质通道，再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口、旋转接头二和双通道固定管二制冷工质通道进口进入双通道固定管二的制冷工质通道，最后从双通道固定管二制冷工质通道出口进入换热器的吸热通道；

[0040] 2.14低温低压二氧化碳液体在换热器的吸热通道中吸收与外部低温热源相连的放热通道中介质放出的热量后，干度增加，成为低温低压的二氧化碳气体，然后再通过制冷工质进口管路进入压缩机进口，如此循环；

[0041] 2.15冷却介质通过外部冷却介质进口管路通过双通道固定管二冷却介质通道进口进入双通道固定管二的冷却介质通道，然后依次通过双通道固定管二冷却介质通道出口、旋转接头二和双通道旋转管二冷却介质通道进口进入双通道旋转管二的冷却介质通道，再从双通道旋转管二冷却介质通道出口流出，通过管道向位于旋转螺旋换热器的边缘位置的冷却介质通道进口绝热流动，冷却介质压力增加，温度基本不变，惯性势能降低；

[0042] 2.16冷却介质从冷却介质通道进口进入旋转螺旋换热器的冷却介质通道后，在压差力和惯性力的共同作用下，冷却介质在旋转螺旋换热器的冷却介质通道中螺旋向内流动，压力逐渐降低，同时冷却介质吸收旋转螺旋管换热器中相邻制冷工质通道中二氧化碳的热量，冷却介质温度增加，惯性势能增加，当冷却介质温度增加到相邻二氧化碳温度以上时，又会向相邻二氧化碳排放热量，温度降低，然后冷却介质通过冷却介质通道出口和双通道旋转管一冷却介质通道进口进入双通道旋转管一的冷却介质通道；再依次通过双通道旋转管一冷却介质通道出口、旋转接头一和双通道固定管一冷却介质通道进口进入双通道固定管一的冷却介质通道，最后从双通道固定管一冷却介质通道出口通过外部冷却介质出口管路流回外部冷却源；

[0043] 2.17流回外部冷却源的冷却介质在外部冷却源放热后，温度降低，然后又通过外部冷却介质进口管路重新进入双通道固定管二冷却介质通道进口，如此循环。

[0044] 作为对本发明超重力气体循环制冷方法的改进：

[0045] 2.12低压低温的二氧化碳气体通过制冷工质进口管路进入压缩机进口，被压缩机绝热压缩后，压力上升，温度增加，然后从压缩机出口流出后进入冷却器的放热通道，二氧化碳气体在冷却器的放热通道中向冷却器的放热通道中的冷却介质放出热量，压力基本保持不变，温度降低，接着降温后的二氧化碳气体通过双通道固定管一制冷工质通道进口进入双通道固定管一的制冷工质通道，再依次通过双通道固定管一制冷工质通道出口、旋转接头一和双通道旋转管一制冷工质通道进口进入双通道旋转管一的制冷工质通道，之后从

双通道旋转管一制冷工质通道出口进入制冷工质通道进口，在压差力和惯性力的共同作用下，二氧化碳气体在旋转螺旋管换热器的制冷工质通道中螺旋向外流动，被离心力逐渐压缩，压力升高，同时向旋转螺旋管换热器的冷却介质通道中的冷却介质放出热量，使得压缩过程中的二氧化碳温度始终不会过热很多，当二氧化碳到达位于边缘位置的制冷工质通道出口时，压力达到高压，成为高温高压二氧化碳，温度略高于冷却介质通道进口的冷却介质温度。

[0046] 作为对本发明超重力气体循环制冷方法的进一步改进：

[0047] 2.13高温高压二氧化碳从旋转螺旋换热器制冷工质通道出口流出，通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进口绝热流动，压强不断降低，惯性势能增加，温度不断下降，当二氧化碳到达双通道旋转管二制冷工质通道进口时，压力降低到低压的亚临界区，温度降低，成为低温低压二氧化碳液体；低温低压二氧化碳液体进入双通道旋转管二的制冷工质通道，再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口、旋转接头二和双通道固定管二制冷工质通道进口进入双通道固定管二的制冷工质通道，然后从双通道固定管二制冷工质通道出口流出后进入节流阀，通过节流阀的低温低压二氧化碳液体温度和压力进一步降低，成为更低压力下具有一定干度的二氧化碳混合液体，之后二氧化碳混合液体进入换热器的吸热通道；

[0048] 2.14二氧化碳混合液体在换热器的吸热通道中吸收与外部低温热源相连的放热通道中介质放出的热量后，干度增加，成为低温低压的二氧化碳气体，然后再进入压缩机进口，如此循环。

[0049] 作为对本发明超重力气体循环制冷方法的进一步改进：

[0050] 当双通道固定管二制冷工质通道出口的空气或二氧化碳温度变化时，可通过调整旋转螺旋换热器的转速及压缩机做功来适应，即当所需温度更低时，加大转速和压缩机做功，反之，则减小转速和压缩机做功；

[0051] 旋转螺旋换热器在真空保护壳内旋转，当真空保护壳内的真空度不够时，启动真空泵，通过真空保护壳气体出口抽出真空保护壳内的空气以达到要求真空度；

[0052] 当旋转螺旋换热器需要增加转速时，离合器闭合，储能器通过内部传动轴向无级变速器输出扭矩，无级变速器向外部储能装置轴输出扭矩，外部储能装置轴向中间轴输出扭矩，中间轴通过中间轴齿轮向驱动齿轮输出扭矩，驱动齿轮向双通道旋转管一输出扭矩，从而使得旋转螺旋换热器转速加快，当转速加到设定值时，离合器打开，中间轴不再接受外部储能装置轴的扭矩；当旋转螺旋换热器需要减速时，离合器闭合，双通道旋转管一向驱动齿轮输出扭矩，驱动齿轮通过中间轴齿轮向中间轴输出扭矩，中间轴向外部储能装置轴输出扭矩，外部储能装置轴向无级变速器输出扭矩，无级变速器通过内部传动轴输出扭矩，内部传动轴向储能器输出扭矩，从而将旋转螺旋换热器的减速能量储存在储能器中，当转速减到设定值时，离合器打开，中间轴不再向外部储能装置轴输出扭矩。

[0053] 本发明超重力气体循环制冷系统和传统气体循环制冷系统相比，所具有的技术优势是：

[0054] 1、制冷工质在旋转螺旋换热器中朝着离心方向流动时被压缩，在旋转螺旋换热器中朝着向心方向流动时膨胀，在压缩和膨胀过程中没有通常压缩机和膨胀机中所存在的圆盘损失、容积损失和动静转换损失，因此具有很高的压缩效率、膨胀效率和能量回收效率。

[0055] 2、本发明中制冷工质的压缩过程主要通过离心效应完成，系统循环所实际需要外部提供的净压缩功大幅减小，因此所需压缩机的压缩比大幅减小，同时也无需再采用降低压缩比的回热措施。

[0056] 3、制冷工质在旋转螺旋换热器的换热通道中进行离心流动时，一边被压缩，一边排热，因此可以近似实现等温压缩，可有效减小过热损失。

[0057] 4、本发明的动静密封处于(旋转接头)低压区，高压区没有动静密封，因此对动静密封要求较低。

附图说明

[0058] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细说明。

[0059] 图1为本发明超重力气体循环制冷系统的开式循环构成图；

[0060] 图2为本发明超重力气体循环制冷系统的第1种闭式循环构成图；

[0061] 图3为本发明超重力气体循环制冷系统的第2种闭式循环构成图；

[0062] 图4为本发明超重力气体循环制冷系统的第3种闭式循环构成图。

具体实施方式

[0063] 首先要说明的是，在结构和流程的表述上，非必要情况下不重复进行；对显而易见的流程不作过多表述。下面结合具体实施例对本发明进行进一步描述，但本发明的保护范围并不仅限于此。

[0064] 实施例1、开式超重力气体循环制冷系统，如图1所示，主要包括旋转螺旋换热器5、双通道旋转管、双通道固定管、压缩机1、真空保护壳9、真空泵10和外部储能系统；

[0065] 1.1双通道旋转管包括双通道旋转管一4和双通道旋转管二6，双通道固定管包括双通道固定管一2和双通道固定管二8；双通道旋转管一4、双通道旋转管二6、双通道固定管一2和双通道固定管二8内都分别设置有制冷工质通道和冷却介质通道。

[0066] 1.2双通道固定管一2设置有与其制冷工质通道连通的双通道固定管一制冷工质通道进口211和双通道固定管一制冷工质通道出口212，双通道固定管一2设置有与其冷却介质通道连通的双通道固定管一冷却介质通道进口221和双通道固定管一冷却介质通道出口222；

[0067] 1.3双通道旋转管一4设置有与其制冷工质通道连通的双通道旋转管一制冷工质通道进口411和双通道旋转管一制冷工质通道出口412，双通道旋转管一4设置有与其冷却介质通道连通的双通道旋转管一冷却介质通道进口421和双通道旋转管一冷却介质通道出口422；

[0068] 1.4双通道固定管二8设置有与其制冷工质通道连通的双通道固定管二制冷工质通道进口811和双通道固定管二制冷工质通道出口812，双通道固定管二8设置有与其冷却介质通道连通的双通道固定管二冷却介质通道进口821和双通道固定管二冷却介质通道出口822；

[0069] 1.5双通道旋转管二6设置有与其制冷工质通道连通的双通道旋转管二制冷工质通道进口611和双通道旋转管二制冷工质通道出口612，双通道旋转管二6设置有与其冷却介质通道连通的双通道旋转管二冷却介质通道进口621和双通道旋转管二冷却介质通道出

口622；

[0070] 1.6压缩机1设置有压缩机进口11和压缩机出口12，旋转螺旋换热器5为旋转螺旋板式换热器，旋转螺旋换热器5由相互间隔的两个板式换热通道从轴心开式螺旋卷绕为圆筒形，其中一个通道为制冷工质通道，另外一个通道为冷却介质通道；或者旋转螺旋换热器5为螺旋管板式换热器，由金属板和管子并排焊接成的膜式换热面从轴心开式螺旋卷绕为圆筒形(即为相互贴合的板式换热通道和管子从轴心开式螺旋卷绕为圆筒形)，构成一个管内换热通道和一个板式换热通道，其中一个通道为制冷工质通道，另外一个通道为冷却介质通道，旋转螺旋换热器5的制冷工质通道和冷却介质通道都呈螺旋状，两者之间由换热壁面间隔。旋转螺旋换热器5的轴心位置设置有连通其制冷工质通道的制冷工质通道进口511和连通其冷却介质通道的冷却介质通道出口522；旋转螺旋换热器5的边缘位置设置有连通其制冷工质通道的制冷工质通道出口512和连通其冷却介质通道的冷却介质通道进口521；旋转螺旋换热器5处于真空保护壳9中，真空泵10的进口与真空保护壳9的真空保护壳气体出口91连接。旋转螺旋换热器5由电动机通过皮带或轴联方式带动旋转。

[0071] 1.7制冷工质进口管路连接压缩机进口11，压缩机出口12连接双通道固定管一制冷工质通道进口211，双通道固定管一制冷工质通道出口212通过旋转接头一3连接双通道旋转管一制冷工质通道进口411，双通道旋转管一制冷工质通道出口412连接旋转螺旋换热器5的制冷工质通道进口511，旋转螺旋换热器5的制冷工质通道出口512通过管道连接双通道旋转管二制冷工质通道进口611，双通道旋转管二制冷工质通道出口612通过旋转接头二7与双通道固定管二制冷工质通道进口811连接，双通道固定管二制冷工质通道出口812连接制冷工质出口管路，冷凝水排出阀53与旋转螺旋换热器5的制冷工质通道出口512连接(当制冷工质为空气时才需要冷凝水排出阀53)。制冷工质进口管路和制冷工质出口管路连接外部低温热源，构成超重力气体循环制冷系统的开式循环。

[0072] 1.8外部冷却介质进口管路连接双通道固定管二冷却介质通道进口821，双通道固定管二冷却介质通道出口822通过旋转接头二7连接双通道旋转管二冷却介质通道进口621，双通道旋转管二冷却介质通道出口622通过管道连接旋转螺旋换热器5的冷却介质通道进口521，旋转螺旋换热器5的冷却介质通道出口522连接双通道旋转管一冷却介质通道进口421，双通道旋转管一冷却介质通道出口422通过旋转接头一3与双通道固定管一冷却介质通道进口221连接，双通道固定管一冷却介质通道出口222连接外部冷却介质出口管路。外部冷却介质进口管路和外部冷却介质出口管路分别与外部冷却源连接(外部冷却源可为天然冷却源或人工冷却源，前者如水源，土壤源，后者如冷却塔产生的人工冷却源；外部冷却源还包括人工用热系统，比如室内热水系统、室内采暖系统等)。

[0073] 1.9双通道固定管一2和双通道旋转管一4布置在旋转螺旋换热器5一侧，双通道固定管二8和双通道旋转管二6布置在旋转螺旋换热器5另一侧；双通道旋转管一4和双通道旋转管二6与旋转螺旋换热器5固定连接，使得双通道旋转管一4和双通道旋转管二6的制冷工质通道与旋转螺旋换热器5的制冷工质通道连通，使得双通道旋转管一4和双通道旋转管二6的冷却介质通道与旋转螺旋换热器5的冷却介质通道连通，双通道旋转管一4、双通道旋转管二6及旋转螺旋换热器5构成一个旋转体。

[0074] 1.10外部储能系统由驱动齿轮16、中间轴齿轮17、中间轴18、离合器19、外部储能装置轴20和外部储能装置21组成。驱动齿轮16与旋转管一4固定连接，驱动齿轮16与中间轴

齿轮17形成传动配合，中间齿轮17与中间轴18固定连接，中间轴18与外部储能装置轴20之间由离合器19连接。外部储能装置21由无级变速器22、内部传动轴23和储能器24组成，储能器24为飞轮储能器或液压储能器或电化学储能器。外部储能装置轴20与无级变速器22固定连接，离合器22通过内部传动轴23与储能器24连接。

[0075] 开式超重力气体循环制冷方法，包括以下步骤(以空气为制冷工质为例)：

[0076] 1.11利用皮带驱动或联轴驱动使得旋转螺旋换热器5、双通道旋转管一4和双通道旋转管二6维持一定转速的旋转运动，从而在旋转螺旋换热器5的制冷工质通道和冷却介质通道产生超重力效应；

[0077] 1.12常压室温的空气从室内通过制冷工质进口管路进入压缩机进口11，被压缩机1绝热压缩后，压力上升，温度增加，然后空气从压缩机出口12流出，通过双通道固定管一制冷工质通道进口211进入双通道固定管一2的制冷工质通道，再通过双通道固定管一制冷工质通道出口212经过旋转接头一3和双通道旋转管一制冷工质通道进口411进入双通道旋转管一4的制冷工质通道，之后从双通道旋转管一制冷工质通道出口412经过制冷工质通道进口511进入旋转螺旋管换热器5的制冷工质通道，在压差力和惯性力的共同作用下，空气在旋转螺旋管换热器5的制冷工质通道中螺旋向外流动，被离心力逐渐压缩，空气压力升高，刚开始空气温度低于与之相邻旋转螺旋管换热器5的冷却介质通道中冷却介质的温度时，空气将吸收相邻螺旋管换热器5的冷却介质通道中的冷却介质传来的热量，空气温度在压缩及吸热作用下逐步增加到与之相邻的冷却介质温度之上，此后，空气在旋转螺旋管换热器5的制冷工质通道中流动时继续被压缩，但将向旋转螺旋管换热器5的冷却介质通道中的冷却介质放出热量，使得压缩过程中的空气温度始终不会过热很多，当空气到达位于旋转螺旋管换热器5边缘位置的制冷工质通道出口512时，压力达到最大，温度略高于冷却介质通道进口521的冷却介质温度，近似实现等温压缩。

[0078] 1.13空气从制冷工质通道出口512流出，通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进口611绝热流动，压强不断降低，惯性势能增加，温度不断下降，是一个绝热膨胀过程，同时在空气膨胀过程中当其温度低于其露点温度时，空气中含有的水蒸汽会被少量冷凝，空气含湿量将会略有降低，冷凝水在离心力的作用下被输送到冷凝水排出阀53处，并通过冷凝水排出阀53排出。当空气到达双通道旋转管二制冷工质通道进口611时，空气压力降低到常压，温度降低到比室内的空气更低，成为常压低温空气；常压低温空气通过双通道旋转管二制冷工质通道进口611进入双通道旋转管二6的制冷工质通道，再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口612、旋转接头二7和双通道固定管二制冷工质通道进口811进入双通道固定管二8的制冷工质通道，最后从双通道固定管二制冷工质通道出口812进入制冷工质出口管路后流到室内。

[0079] 1.14送入室内的常压低温空气吸收房间的热量后，温度增加，成为常压室温空气，再重新通过制冷工质进口管路进入压缩机进口11，如此循环。

[0080] 1.15常压下较低温度的冷却介质(冷却介质在工作过程中应具有较小的压缩性和压缩热效应，如水)通过外部冷却介质进口管路通过双通道固定管二冷却介质通道进口821进入双通道固定管二8的冷却介质通道，然后依次通过双通道固定管二冷却介质通道出口822、旋转接头二7和双通道旋转管二冷却介质通道进口621进入双通道旋转管二6的冷却介质通道，再从双通道旋转管二冷却介质通道出口622流出，通过管道向位于旋转螺旋换热器

5的边缘位置的冷却介质通道进口521绝热流动，冷却介质压力增加，温度基本不变，惯性势能降低。

[0081] 1.16冷却介质从冷却介质通道进口521进入旋转螺旋换热器5的冷却介质通道后，在压差力和惯性力的共同作用下，冷却介质在旋转螺旋换热器5的冷却介质通道中螺旋向内流动，压力逐渐降低，同时冷却介质吸收旋转螺旋管换热器5中相邻制冷工质通道中制冷工质的热量，冷却介质温度增加，惯性势能增加，当冷却介质温度增加到相邻制冷工质温度以上时，又会向相邻制冷工质排放热量，温度降低，当冷却介质流动到位于旋转螺旋换热器5的轴心位置处的冷却介质通道出口522时，冷却介质压力回到常压，成为常压下较高温度的冷却介质，然后冷却介质通过冷却介质通道出口522和双通道旋转管一冷却介质通道进口421进入双通道旋转管一4的冷却介质通道；再依次通过双通道旋转管一冷却介质通道出口422、旋转接头一3和双通道固定管一冷却介质通道进口221进入双通道固定管一4的冷却介质通道，最后从双通道固定管一冷却介质通道出口222通过外部冷却介质出口管路流回外部冷却源。

[0082] 1.17流回外部冷却源的冷却介质在外部冷却源放热后，温度降低，然后又通过外部冷却介质进口管路重新进入双通道固定管二冷却介质通道进口821，如此循环。

[0083] 1.18当双通道固定管二制冷工质通道出口812的空气温度变化时，可通过调整旋转螺旋换热器5的转速及压缩机1做功来适应，即当所需温度更低时，加大转速和压缩机1做功，反之，则减小转速和压缩机1做功。调整控制指标分为制冷工质出口温度指标和制冷工质出口压力指标，调整完成的判据为：双通道固定管二制冷工质通道出口812的空气温度等于设定温度，则制冷工质出口温度指标达标；双通道固定管二制冷工质通道出口812的空气压力略大于压缩机进口11处的制冷工质压力，则制冷工质出口压力指标达标；在制冷工质出口温度指标和制冷工质出口压力指标都达标后调整完成。(该步骤的空气指的是制冷工质，在下述实施例中也可指二氧化碳)

[0084] 1.19旋转螺旋换热器5在真空保护壳9内旋转，以保证旋转时较低的空气摩擦阻力，当真空保护壳9内的真空度不够时，启动真空泵10通过真空保护壳气体出口91抽出真空保护壳9内的空气以达到要求真空度。

[0085] 1.20当旋转螺旋换热器5需要增加转速时，离合器19闭合，储能器24通过内部传动轴23向无级变速器22输出扭矩，无级变速器22向外部储能装置轴20输出扭矩，外部储能装置轴20向中间轴18输出扭矩，中间轴18通过中间轴齿轮17向驱动齿轮16输出扭矩，驱动齿轮16向双通道旋转管一4输出扭矩，从而使得旋转螺旋换热器5转速加快，当转速加到设定值时(设定值是指双通道固定管二制冷工质通道出口的空气温度和压力的设定值)，离合器19打开，，中间轴18不再接受外部储能装置轴20的扭矩，此过程为储能器24供能。当旋转螺旋换热器5需要减速时，离合器19闭合，双通道旋转管一4向驱动齿轮16输出扭矩，驱动齿轮16通过中间轴齿轮17向中间轴18输出扭矩，中间轴18向外部储能装置轴20输出扭矩，外部储能装置轴20向无级变速器22输出扭矩，无级变速器22通过内部传动轴23输出扭矩，内部传动轴23向储能器24输出扭矩，从而将旋转螺旋换热器5的减速能量储存在储能器24中，当转速减到设定值时，离合器19打开，中间轴18不再向外部储能装置轴20输出扭矩，此过程为蓄能器24蓄能。

[0086] 实施例2、第1种闭式超重力气体循环制冷系统，如图2所示，包括旋转螺旋换热器

5、双通道旋转管、双通道固定管、压缩机1、真空保护壳9、真空泵10、外部储能系统和换热器13；

[0087] 2.1同1.1

[0088] 2.2同1.2

[0089] 2.3同1.3

[0090] 2.4同1.4

[0091] 2.5同1.5

[0092] 2.6同1.6

[0093] 2.7制冷工质进口管路连接压缩机进口11，压缩机出口12连接双通道固定管一制冷工质通道进口211，双通道固定管一制冷工质通道出口212通过旋转接头一3连接双通道旋转管一制冷工质通道进口411，双通道旋转管一制冷工质通道出口412连接旋转螺旋换热器的制冷工质通道进口511，旋转螺旋换热器5的制冷工质通道出口512通过管道连接双通道旋转管二制冷工质通道进口611，双通道旋转管二的制冷工质通道出口612通过旋转接头二7与双通道固定管二制冷工质通道进口811连接，双通道固定管二制冷工质通道出口812连接制冷工质出口管路，冷凝水排出阀53(当制冷工质为空气时才需要)与旋转螺旋换热器5的制冷工质通道出口512连接。换热器13中设置有吸热通道和放热通道，制冷工质出口管路与换热器13的吸热通道连接，换热器13的吸热通道通过制冷工质进口管路与压缩机进口11连接，换热器13的放热通道与外部低温热源连接，构成超重力气体制冷系统的闭式循环(外部低温热源包括室内空调房间，室外大气环境，水源，土壤源，太阳能余热源，热源塔产生的人工低温热源以及其它废热源等)。

[0094] 2.8同1.8

[0095] 2.9同1.9

[0096] 2.10同1.10

[0097] 第1种闭式超重力气体循环制冷方法，包括以下步骤(以二氧化碳为制冷工质的跨临界循环为例)：

[0098] 2.11同1.11

[0099] 2.12低压低温的二氧化碳气体通过制冷工质进口管路进入压缩机进口11，被压缩机1绝热压缩后，压力上升，温度增加，然后从压缩机出口12流出，通过双通道固定管一制冷工质通道进口211进入双通道固定管一2的制冷工质通道，再依次通过双通道固定管一制冷工质通道出口212、旋转接头一3和双通道旋转管一制冷工质通道进口411进入双通道旋转管一4的制冷工质通道，之后从双通道旋转管一制冷工质通道出口411进入位于旋转螺旋管换热器5轴心位置的制冷工质通道进口511，在压差力和惯性力的共同作用下，二氧化碳气体在旋转螺旋管换热器5的制冷工质通道中螺旋向外流动，被离心力逐渐压缩，压力升高，同时向旋转螺旋管换热器5的冷却介质通道中的冷却介质放出热量，使得压缩过程中的二氧化碳温度始终不会过热很多，当二氧化碳到达位于边缘位置的制冷工质通道出口512时，压力达到高压，成为高温高压二氧化碳，温度略高于冷却介质通道进口521的冷却介质温度，近似实现等温压缩。

[0100] 2.13高温高压二氧化碳从旋转螺旋换热器制冷工质通道出口512流出，通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进口611绝热流动，压强不断降低，惯性势能增加，温度不

断下降，是一个绝热膨胀过程。当二氧化碳到达双通道旋转管二制冷工质通道进口611时，压力降低到低压的亚临界区，温度降低，成为低温低压二氧化碳液体；低温低压二氧化碳液体进入双通道旋转管二6的制冷工质通道，再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口612、旋转接头二7和双通道固定管二制冷工质通道进口811进入双通道固定管二8的制冷工质通道，最后从双通道固定管二制冷工质通道出口812进入换热器13的吸热通道。

[0101] 2.14低温低压二氧化碳液体在换热器13的吸热通道中吸收与外部低温热源相连的放热通道中介质放出的热量后，干度增加，成为低温低压的二氧化碳气体，然后再通过制冷工质进口管路进入压缩机进口11，如此循环。

[0102] 2.15同1.15

[0103] 2.16同1.16

[0104] 2.17同1.17

[0105] 2.18同1.18

[0106] 2.19同1.19

[0107] 2.20同1.20

[0108] 实施例3、第2种闭式超重力气体循环制冷系统，如图3所示，包括旋转螺旋换热器5、双通道旋转管、双通道固定管、压缩机1、真空保护壳9、真空泵10、外部储能系统、换热器13和冷却器14；

[0109] 3.1同2.1

[0110] 3.2同2.2

[0111] 3.3同2.3

[0112] 3.4同2.4

[0113] 3.5同2.5

[0114] 3.6同2.6

[0115] 3.7制冷工质进口管路连接压缩机进口11，压缩机出口12连接冷却器14的放热通道后再连接双通道固定管一制冷工质通道进口211(冷却器14中设置有吸热通道和放热通道，吸热通道与外部冷却源连接)，双通道固定管一制冷工质通道出口212通过旋转接头一3连接双通道旋转管一制冷工质通道进口411，双通道旋转管一制冷工质通道出口412连接旋转螺旋换热器的制冷工质通道进口511，旋转螺旋换热器5的制冷工质通道出口512通过管道连接双通道旋转管二制冷工质通道进口611，双通道旋转管二的制冷工质通道出口612通过旋转接头二7与双通道固定管二制冷工质通道进口811连接，双通道固定管二制冷工质通道出口812连接制冷工质出口管路，冷凝水排出阀53(当制冷工质为空气时才需要)与旋转螺旋换热器5的制冷工质通道出口512连接。换热器13中设置有吸热通道和放热通道，制冷工质出口管路与换热器13的吸热通道连接，换热器13的吸热通道通过制冷工质进口管路与压缩机进口11连接，换热器13的放热通道与外部低温热源连接，构成超重力气体制冷系统的闭式循环。

[0116] 3.8同2.8

[0117] 3.9同2.9

[0118] 3.10同2.10

[0119] 第2种闭式超重力气体循环制冷方法，包括以下步骤(以二氧化碳为制冷工质的跨

临界循环为例)：

[0120] 3.11同2.11

[0121] 3.12低压低温的二氧化碳气体通过制冷工质进口管路进入压缩机进口11，被压缩机1绝热压缩后，压力上升，温度增加，然后从压缩机出口12流出后进入冷却器14的放热通道，二氧化碳气体在冷却器14的放热通道中向冷却器14的放热通道中的介质放出热量，压力基本保持不变，温度降低，为等压放热过程，接着降温后的二氧化碳气体通过双通道固定管一制冷工质通道进口211进入双通道固定管一2的制冷工质通道，再依次通过双通道固定管一制冷工质通道出口212、旋转接头一3和双通道旋转管一制冷工质通道进口411进入双通道旋转管一4的制冷工质通道，之后从双通道旋转管一制冷工质通道出口411进入位于旋转螺旋管换热器5轴心位置的制冷工质通道进口511，在压差力和惯性力的共同作用下，二氧化碳气体在旋转螺旋管换热器5的制冷工质通道中螺旋向外流动，被离心力逐渐压缩，压力升高，同时向旋转螺旋管换热器5的冷却介质通道中的冷却介质放出热量，使得压缩过程中的二氧化碳温度始终不会过热很多，当二氧化碳到达位于边缘位置的制冷工质通道出口512时，压力达到高压，成为高温高压二氧化碳，温度略高于冷却介质通道进口521的冷却介质温度，近似实现等温压缩。

[0122] 3.13同2.13

[0123] 3.14同2.14

[0124] 3.15同2.15

[0125] 3.16同2.16。

[0126] 3.17同2.17

[0127] 3.18同2.18

[0128] 3.19同2.19

[0129] 3.20同2.20

[0130] 实施例4、第3种闭式超重力气体循环制冷系统，如图4所示，包括旋转螺旋换热器5、双通道旋转管、双通道固定管、压缩机1、真空保护壳9、真空泵10、外部储能系统、换热器13、冷却器14和节流阀15；

[0131] 4.1同3.1

[0132] 4.2同3.2

[0133] 4.3同3.3

[0134] 4.4同3.4

[0135] 4.5同3.5

[0136] 4.6同3.6

[0137] 4.7制冷工质进口管路连接压缩机进口11，压缩机出口12连接冷却器14的放热通道后再连接双通道固定管一制冷工质通道进口211(冷却器14中设置有吸热通道和放热通道，吸热通道与外部冷却源连接)，双通道固定管一制冷工质通道出口212通过旋转接头一3连接双通道旋转管一制冷工质通道进口411，双通道旋转管一制冷工质通道出口412连接旋转螺旋换热器的制冷工质通道进口511，旋转螺旋换热器5的制冷工质通道出口512通过管道连接双通道旋转管二制冷工质通道进口611，双通道旋转管二的制冷工质通道出口612通过旋转接头二7与双通道固定管二制冷工质通道进口811连接，双通道固定管二制冷工质通

道出口812连接制冷工质出口管路，冷凝水排出阀53(当制冷工质为空气时才需要)与旋转螺旋换热器5的制冷工质通道出口512连接。换热器13中设置有吸热通道和放热通道，制冷工质出口管路与节流阀15连接后再与换热器13的吸热通道连接，换热器13的吸热通道通过制冷工质进口管路与压缩机进口11连接，换热器13的放热通道与外部低温热源连接，构成超重力气体制冷系统的闭式循环。

[0138] 4.8同3.8

[0139] 4.9同3.9

[0140] 4.10同3.10

[0141] 第3种闭式超重力气体循环制冷方法，包括以下步骤(以二氧化碳为制冷工质的跨临界循环为例)：

[0142] 4.11同3.11

[0143] 4.12同3.12。

[0144] 4.13二氧化碳从旋转螺旋换热器制冷工质通道出口512流出，通过管道向双通道旋转管二制冷工质通道进口611绝热流动，压强不断降低，惯性势能增加，温度不断下降，是一个绝热膨胀过程。当二氧化碳到达双通道旋转管二制冷工质通道进口611时，压力降低到低压的亚临界区，温度降低，成为低压低温二氧化碳液体；低温低压二氧化碳液体进入双通道旋转管二6的制冷工质通道，再依次通过双通道旋转管二制冷工质通道进口612、旋转接头二7和双通道固定管二制冷工质通道进口811进入双通道固定管二8的制冷工质通道，然后从双通道固定管二制冷工质通道出口812流出后进入节流阀15，通过节流阀15的低温低压二氧化碳液体温度和压力进一步降低，成为更低压力下具有一定干度的二氧化碳混合液体，之后二氧化碳混合液体进入换热器13的吸热通道。

[0145] 4.14二氧化碳混合液体在换热器13的吸热通道中吸收与外部低温热源相连的放热通道中介质放出的热量后，干度增加，成为低温低压的二氧化碳气体，然后再通过制冷工质进口管路进入压缩机进口11，如此循环。

[0146] 4.15同3.14

[0147] 4.16同3.16

[0148] 4.17同3.17

[0149] 4.18同3.18

[0150] 4.19同3.19

[0151] 4.20同3.20

[0152] 超重力气体循环制冷系统可用于制冷，供热或同时制冷及供热。

[0153] 实施例1针对开式超重力气体循环系统的计算参数见表1(针对1kg空气)。设计条件为夏季工况：工质为空气，室内温度25℃，室外温度35℃，压缩机进口11的空气温度25℃，双通道固定管二制冷工质通道出口812的空气温度15.9℃，压缩机1效率为85％，旋转直径(旋转螺旋换热器5最外侧与转轴的距离)为1.2m。实施例1计算得到的系统COP(定义为空气吸热量与空气压缩机1耗功量之比)为10.15，此时螺旋换热器5的转速为3849转/分，空气吸热量为9.16kJ/kg，旋转螺旋换热器5排热量为9.927kJ/kg，传递的惯性势能为29.22kJ/kg，压缩机1功耗为0.9025kJ/kg，压缩比为1.008。

[0154] 传统的无回热空气循环制冷系统(见表1)，在同样的工况下，同轴空气压缩机耗功

35.46kJ/kg，压缩比为1.4，同轴膨胀机回收功24.84kJ/kg，则同轴压缩-膨胀机净耗功为10.624kJ/kg，制冷COP只有0.862。

[0155] 传统的有回热空气循环制冷系统(见表1)，在同样的工况下，COP为1.014，比无回热空气制冷循环系统提升了17.7％，同轴压缩-膨胀机净耗功减小为4.067kJ/kg，可以减小同轴压缩-膨胀机设备体积，但多出一个回热器使得系统更复杂。

[0156] 表1实施例1的热力计算结果(针对1kg空气)

[0157]

项目	实施例 1	无回热空气循环制冷系统	有回热空气循环制冷系统	单位
工质	空气	同左	同左	-----
旋转直径	1.2	-----	-----	m
环境温度温度	35	同左	同左	℃
室内温度	25	同左	同左	℃
压缩机 1 效率	85	-----	-----	%
同轴膨胀机效率	85	同左	同左	%

[0158]

同轴空气压缩机效率	85	同左	同左	%
进气口温度	25	同左	同左	℃
进气口压力	0.101325	同左	同左	Mpa
压缩机出口温度	25.76	-----	-----	℃
压缩机出口压力	0.102237	-----	-----	Mpa
同轴空气压缩机出口温度	-----	55	55	℃
同轴空气压缩机出口压力	-----	0.1417	0.1129	Mpa
换热器进口温度	25.76	55	-----	℃
换热器进口压力	0.127182	0.141748	-----	Mpa
换热器出口温度	45	45	-----	℃
换热器出口压力	0.141748	同左	-----	Mpa
回热器进/出口温度	-----	-----	50/30	℃
出气口温度	15.9	同左	同左	℃
出气口压力	0.101325	同左	同左	Mpa
空气压缩机耗功	0.9025	-----	-----	kJ/kg
空气压缩机压缩比	1.008	-----	-----	-----
同轴空气压缩机耗功	-----	35.46	11.83	kJ/kg
同轴空气压缩机压缩比	-----	1.4	1.115	-----
同轴膨胀机回收功	-----	24.84	7.763	kJ/kg
同轴压缩-膨胀机净耗功	-----	10.624	4.067	kJ/kg
空气吸热量	9.16	同左	4.126	kJ/kg
空气排热量	9.927	10.08	5.048	kJ/kg
回热器回热量	-----	-----	20.14	
制冷 COP	10.15	0.862	1.014	-----
传递的惯性势能	29.22	-----	-----	kJ/kg
转速	3849	-----	-----	转/分

[0159] 实施例2针对第1种闭式超重力气体循环制冷系统的计算参数见表2(针对1kg二氧化碳的跨临界循环)。表中等压换热器为作为对比的通常的二氧化碳跨临界系统的用于冷却压缩机出口气体的换热器,设计条件为蒸发温度7℃(蒸发压力4.16Mpa),最低冷却温度

42℃(压力56.737Mpa),计算结果表明系统COP为5.33,而不采用旋转螺旋换热器5的通常的二氧化碳跨临界循环系统,在同样条件下,COP只有0.92,压缩机1大量功耗都成为过热损失,小部分功耗消耗在节流损失上,其压缩机出口12温度高达221.27℃,而实施例2的压缩机出口12温度只有74.25℃,其原因主要在于旋转螺旋换热器5边压缩边排热的特点有效控制了气体过热,同时膨胀过程不需要节流阀15从而减少了节流损失。

[0160] 表2实施例2、3和4的热力计算结果(针对1kg二氧化碳)

[0161]

项目	实施例 2	通常的二氧化碳跨临界系统	实施例 3	实施例 4	单位
工质	二氧化碳	同左	同左	同左	-----
旋转直径	1.2	-----	1.2	1.2	m
环境温度温度	35	同左	同左	同左	℃
压缩机 1 效率	85	同左	同左	同左	%
压缩进 1 进口温度	7	同左	同左	同左	℃
压缩机 1 进口压力	4.16	同左	同左	同左	Mpa
压缩机 1 出口温度	74.25	221.27	64.29	58.18	℃
压缩机 1 出口压力	10.01	56.737	8.86	8.21	Mpa
旋转螺旋换热器制冷工质通道进口 511 温度	64.29	-----	42	42	℃
旋转螺旋换热器制冷工质通道出口 512 温度	42	-----	42	42	℃
旋转螺旋换热器制冷工质通道出口 512 压力	56.737	-----	56.737	12	Mpa
等压换热器进口温度	-----	221.27	-----	-----	℃
等压换热器出口温度	-----	42	-----	-----	℃

[0162]

压缩机 1 耗功	39.14	166.66	33.13	29.51	kJ/kg
冷却器 14 排热量	-----	-----	79.92	47.06	kJ/kg
旋转螺旋换热器制冷工质通道 51 中的排热量	244.3	-----	156.89	108.82	kJ/kg
等压换热器排热量	-----	295.19	-----	-----	kJ/kg
制冷量	208.64	153.53	208.64	130.79	kJ/kg
制冷 COP	5.33	0.92	6.3	4.43	-----
传递的惯性势能	29.22	-----	29.22	7.426	kJ/kg
转速	3849	-----	3849	1941	转/分

[0163] 实施例3针对第2种闭式超重力气体循环制冷系统的计算参数见表2(针对1kg二氧化碳的跨临界循环),在制冷工质进入旋转螺旋换热器5前先利用冷却器14进行冷却,可以在第1种闭式超重力气体循环的基础上,进一步减少过热,从而使得压缩机1耗功更小,从39.14kJ/kg减小到33.13kJ/kg,压缩机出口12温度也从74.25℃减小到64.29℃,系统的COP则从5.33提高到6.3,同时旋转螺旋换热器5的排热量也从244.3kJ/kg减小到156.89kJ/kg,可见实施例3采用了冷却器14后有效提高了系统的COP,同时也使得旋转螺旋换热器5所需的换热面积更小,具有明显的改进效果。

[0164] 实施例4针对第3种闭式超重力气体循环制冷系统的计算参数见表3(针对1kg二氧化碳的跨临界循环)。采用节流阀15后,可以使得在相同蒸发温度下,二氧化碳跨临界循环系统的最高压力大大减小,如实施例4相比于实施例3的最高压力从56.737Mpa减小为12Mpa,旋转螺旋换热器5的排热量从244.3kJ/kg减小到108.82kJ/kg,转速从3849转/分减小到1941转/分,系统COP比实施例3有所减小,即从6.3减小到4.43,但是系统效率损失所换来的优点是压力大大减小,可行性和安全性都得到很大增强,另外转速和换热面积都大幅减小,有利于旋转螺旋换热器5的小型化。

[0165] 由此可见,相比传统的气体循环制冷系统,本发明可大幅提升了气体循环系统的制冷效率,具有更高的能量回收效率和近似等温压缩的特点,避免了使用昂贵的同轴压缩-膨胀机装置,减小了所需压缩机1的功率,而且可大幅减小压缩机出口12的气体温度,提高了系统效率和可行性,有效实现了本发明的目的。

[0166] 以上实施例中,可综合考虑具体的使用条件与要求、技术经济性能等因素合理确定系统的设计参数,以兼顾本发明的适用性和经济性。

[0167] 最后应说明的是:以上各实施例仅用于说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照签署各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前处各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离发明各实施例方案的范围。

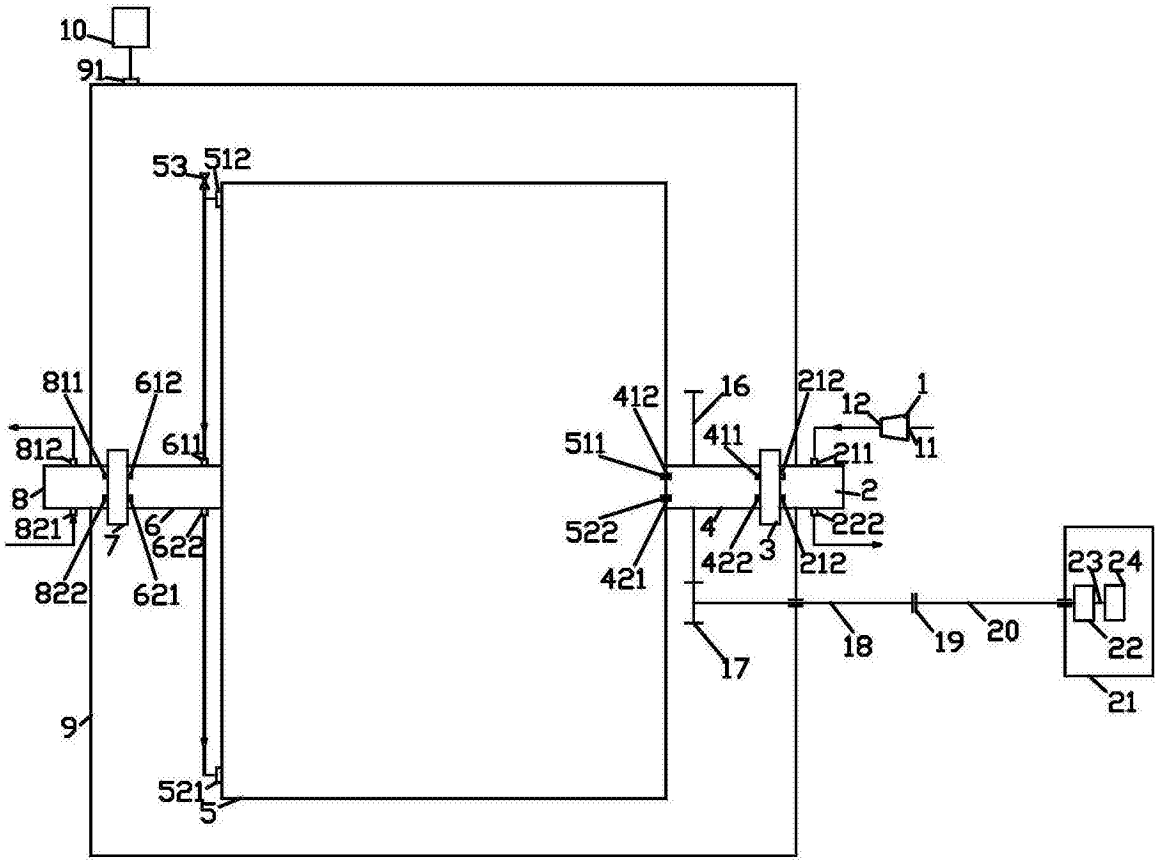

10
91
53
512
811
612
812
611
8
821
7
6
622
822
621
9
521
5
412
16
212
12
1
511
411
211
11
2
522
4
222
422
3
212
421
17
18
19
20
23
24
22
21

图1

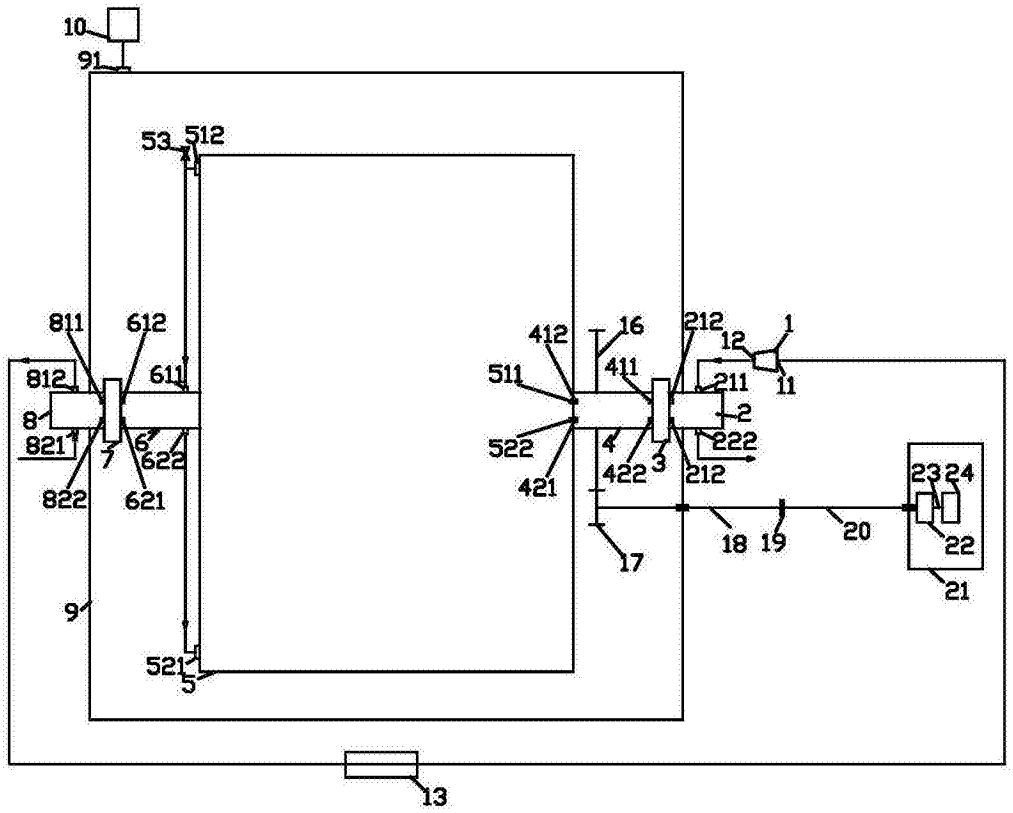

10
91
53
512
811
612
812
611
8
821
7
6
622
822
621
9
521
5
13
412
16
212
12
1
511
411
211
11
2
522
4
222
422
3
212
421
17
18
19
20
23
24
22
21

图2

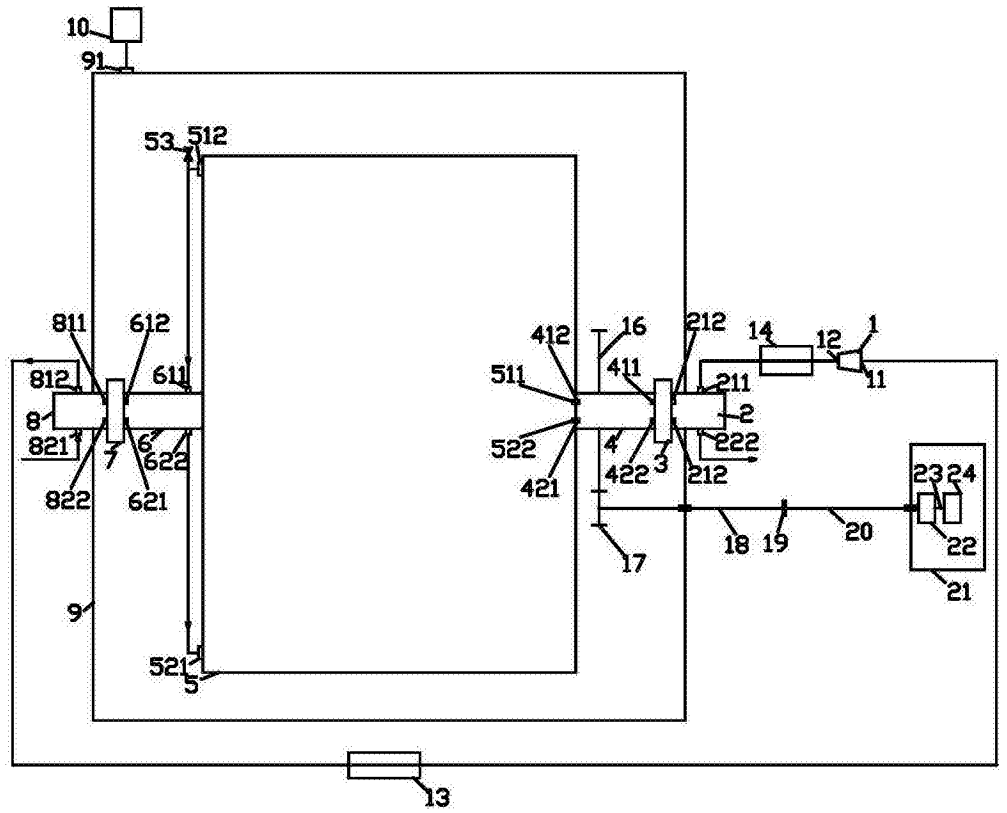

10
91
53
512
811
612
812
611
8
821
7
6
622
822
621
9
521
5
13
412
16
212
14
12
1
511
411
211
11
2
522
4
222
422
3
212
421
17
18
19
20
23
24
22
21

图3

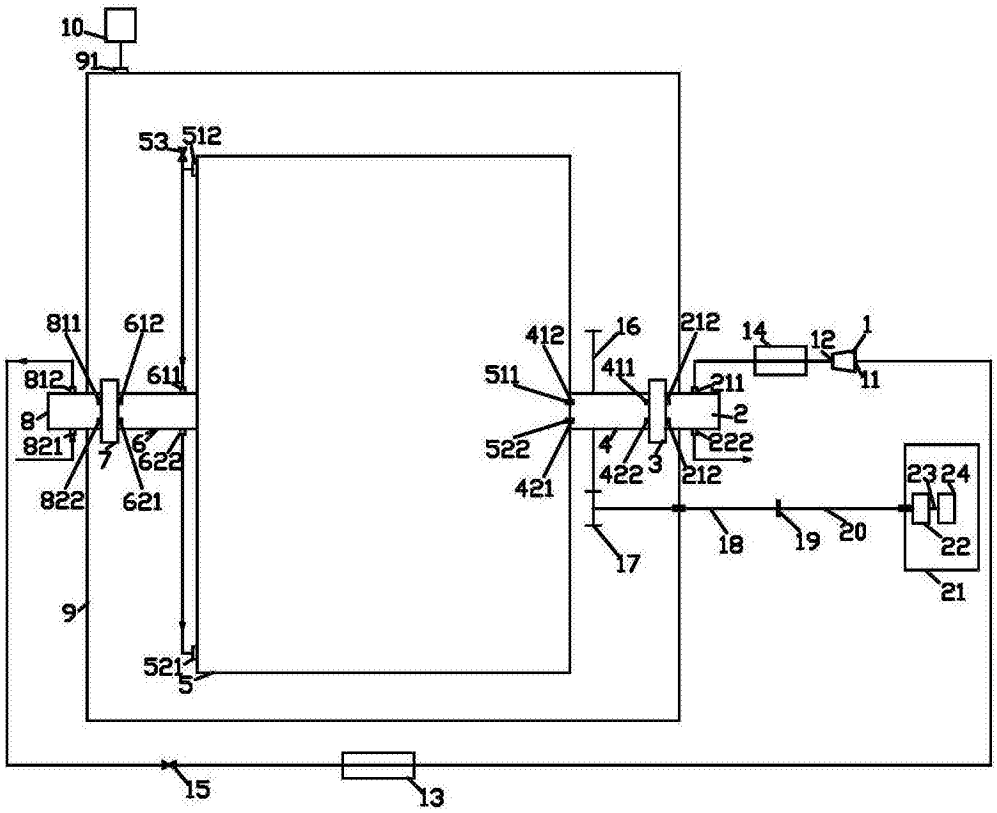

10
91
53
512
811
612
812
611
8
821
7
6
622
822
621
9
521
5
15
13
412
16
212
14
12
1
511
411
211
11
2
522
4
222
421
422
3
212
23
24
18
19
20
22
17
21

图4