(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 106949655 A
(43)申请公布日 2017.07.14

(21)申请号 201710158724.2

(22)申请日 2017.03.16

(71)申请人 中国科学院理化技术研究所
地址 100190 北京市海淀区中关村东路29号

(72)发明人 王炳明 胡忠军 龚领会 金晶晶

(74)专利代理机构 深圳市科进知识产权代理事务所(普通合伙) 44316
代理人 赵勍毅

(51)Int.Cl.
F25B 9/00(2006.01)

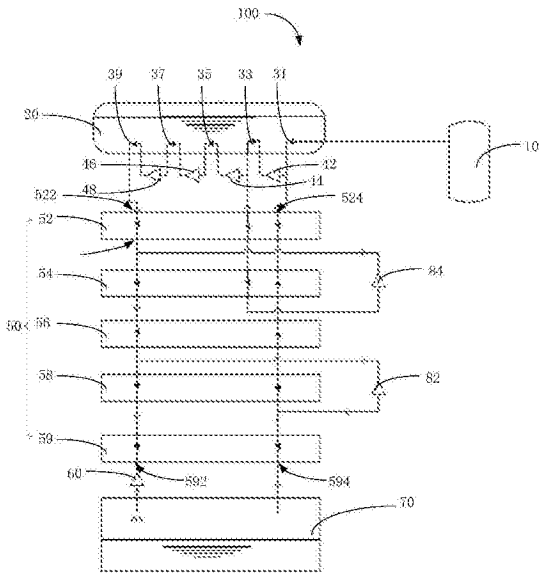
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种氦低温系统

(57)摘要

一种氦低温系统，包括液氮储罐、压缩换热组件、多股流回热器单元、冷箱、节流阀、液氦杜瓦和氦气缓冲罐；压缩换热组件包括依次连接的交替设置的换热器和冷压缩机，换热器设于液氮储罐内，液氮储罐、冷压缩机和多股流回热器单元均设于冷箱内。上述氦低温系统，用液氮储罐和液氮温区压缩换热组件代替了常规大型氦低温系统中的氦气喷油螺杆压缩机、高精滤油系统以及低温纯化器，这些设备集成在一个圆柱形冷箱中，提高了整个氦低温系统的紧凑性，使得现有的大型氦低温系统在整体结构尺寸上减少40％左右，使得氦低温系统的检修维护的周期延长，提高了系统运行的可靠性，维护成本大大降低。更加有利于大型氦低温系统服务于大科学工程。



CN 106949655 A

1.一种氦低温系统，其特征在于，包括液氮储罐、压缩换热组件、多股流回热器单元、冷箱、节流阀、液氦杜瓦和氦气缓冲罐；

所述压缩换热组件包括依次连接的交替设置的换热器和冷压缩机，所述换热器设于所述液氮储罐内，所述液氮储罐、所述节流阀、所述冷压缩机和多股流回热器单元均设于所述冷箱内；

所述氦气缓冲罐与所述压缩换热组件的入口连接，所述压缩换热组件的出口与所述多股流回热器单元的第一流体管路的入口连接，所述多股流回热器单元的第一流体管路的出口通过所述节流阀与所述液氦杜瓦的进口连接，所述液氦杜瓦的气体出口与所述多股流回热器单元的第二流体管路的入口连接，所述多股流回热器单元的第二流体管路的出口和所述冷压缩机的入口连接，形成一个循环。

2.如权利要求1所述的氦低温系统，其特征在于，所述压缩换热组件包括依次连接的第一换热器、第一冷压缩机和第二换热器，所述氦气缓冲罐和所述第一换热器的进口连接，所述第二换热器的出口和所述多股流回热器单元的第一流体管路的入口连接。

3.如权利要求1所述的氦低温系统，其特征在于，所述压缩换热组件包括依次连接的第一换热器、第一冷压缩机、第二换热器和第二冷压缩机，所述氦气缓冲罐和所述第一换热器的进口连接，所述第二冷压缩机的出口和所述多股流回热器单元的第一流体管路的入口连接。

4.如权利要求1所述的氦低温系统，其特征在于，所述多股流回热器单元包括至少两个依次连接的多股流回热器。

5.如权利要求1所述的氦低温系统，其特征在于，还包括第一透平膨胀机，所述第一透平膨胀机的进口端和所述第一流体管路连接，所述第一透平膨胀机的出口端和所述第二流体管路连接。

6.如权利要求1所述的氦低温系统，其特征在于，还包括第二透平膨胀机，所述第二透平膨胀机的进口端和所述第一流体管路连接，所述第二透平膨胀机的出口端和所述冷压缩机入口的流体管路连接。

7.如权利要求1所述的氦低温系统，其特征在于，所述冷箱与所述液氦杜瓦之间的管路通过真空夹套管连接。

8.如权利要求1所述的氦低温系统，其特征在于，所述冷箱为圆柱形的真空夹层冷箱。

一种氦低温系统

技术领域

[0001] 本发明属于制冷技术领域，尤其涉及一种氦低温系统。

背景技术

[0002] 以氦气为工质的大型氦低温制冷系统是随着超导技术的发展而发展起来的。尤其是近年来国内北京正负电子对撞机、中科院ADS先导专项、北京先进光源等大科学工程的建设，更是带动了国内大型氦低温系统的进步。在这些大型氦低温系统中都无一例外的采用了氦气喷油式螺杆压缩机、高精滤油系统、低温氦纯化器、冷箱、液氦杜瓦或负载系统以及这些设备之间的连接管路。对单套的大型氦低温系统来讲，氦气喷油式螺杆压缩机、高精滤油系统及低温氦纯化器占居了整个低温系统尺寸的40％左右。并且氦气喷油式螺杆压缩机的存在，虽然其排气经过多重过滤及纯化、但是仍然使得氦低温系统中不可避免的存在润滑油蒸汽，在低温下这些蒸汽就会固结在低温设备中，从长期运行的大科学工程来看，必须经过一定的时间(一般是连续运行8000h)，对大型氦低温系统进行维护检修，降低了整个低温系统运行的可靠性。因此，现有的大型氦低温系统循环需要进行优化。

发明内容

[0003] 鉴于此，有必要提供一种氦低温系统，省却了常规大型氦低温系统室温部分的主要设备，提高了整个氦低温系统的紧凑性，在可靠性上，与常规的大型氦低温系统相比，连续运行的时间更长。

[0004] 一种氦低温系统，包括液氮储罐、压缩换热组件、多股流回热器单元、冷箱、节流阀、液氦杜瓦和氦气缓冲罐；

[0005] 所述压缩换热组件包括依次连接的交替设置的换热器和冷压缩机，所述换热器设于所述液氮储罐内，所述液氮储罐、所述节流阀、所述冷压缩机和多股流回热器单元均设于所述冷箱内；

[0006] 所述氦气缓冲罐与所述压缩换热组件的入口连接，所述压缩换热组件的出口与所述多股流回热器单元的第一流体管路的入口连接，所述多股流回热器单元的第一流体管路的出口通过所述节流阀与所述液氦杜瓦的进口连接，所述液氦杜瓦的气体出口与所述多股流回热器单元的第二流体管路的入口连接，所述多股流回热器单元的第二流体管路的出口和所述冷压缩机的入口连接，形成一个循环。

[0007] 在其中一个实施例中，所述压缩换热组件包括依次连接的第一换热器、第一冷压缩机和第二换热器，所述氦气缓冲罐和所述第一换热器的进口连接，所述第二换热器的出口和所述多股流回热器单元的第一流体管路的入口连接。

[0008] 在其中一个实施例中，所述压缩换热组件包括依次连接的第一换热器、第一冷压缩机、第二换热器和第二冷压缩机，所述氦气缓冲罐和所述第一换热器的进口连接，所述第二冷压缩机的出口和所述多股流回热器单元的第一流体管路的入口连接。

[0009] 在其中一个实施例中，所述多股流回热器单元包括至少两个依次连接的多股流回

热器。

[0010] 在其中一个实施例中，还包括第一透平膨胀机，所述第一透平膨胀机的进口端和所述第一流体管路连接，所述第一透平膨胀机的出口端和所述第二流体管路连接。

[0011] 在其中一个实施例中，还包括第二透平膨胀机，所述第二透平膨胀机的进口端和所述第一流体管路连接，所述第二透平膨胀机的出口端和所述冷压缩机入口的流体管路连接。

[0012] 在其中一个实施例中，所述冷箱与所述液氦杜瓦之间的管路通过真空夹套管连接。

[0013] 在其中一个实施例中，所述冷箱为圆柱形的真空夹层冷箱。

[0014] 上述氦低温系统，用液氮储罐和液氮温区压缩换热组件代替了常规大型氦低温系统中的氦气喷油螺杆压缩机、高精滤油系统以及低温纯化器，这些设备集成在一个圆柱形冷箱中，提高了整个氦低温系统的紧凑性，使得现有的大型氦低温系统在整体结构尺寸上减少40％左右，使得氦低温系统的检修维护的周期延长，提高了系统运行的可靠性，维护成本大大降低。更加有利于大型氦低温系统服务于大科学工程。

附图说明

[0015] 图1为一实施方式的氦低温系统的结构示意图。

具体实施方式

[0016] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清晰，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0017] 请参阅图1，一实施方式的氦低温系统100，包括氦气缓冲罐10、液氮储罐20、压缩换热组件、多股流回热器单元50、冷箱(图未示)、节流阀60和液氦杜瓦70、第一透平膨胀机82、第二透平膨胀机84。

[0018] 压缩换热组件包括依次连接的交替设置的换热器和冷压缩机。换热器设于液氮储罐20内，液氮储罐20、冷压缩机、多股流回热器单元50和节流阀60均设于冷箱内。进一步的，冷箱与液氦杜瓦70之间的管路通过真空夹套管连接。真空夹套管可以实现流动的介质与大气环境之间的隔热。进一步的，冷箱为圆柱形的真空夹层冷箱。冷箱内壁与上述各设备及管道间采用真空泵抽取真空，用以实现各设备与环境之间的隔热。

[0019] 氦气缓冲罐10与压缩换热组件的入口连接，压缩换热组件的出口与多股流回热器单元50的第一流体管路的入口连接。压缩换热组件中，冷压缩机的级数根据整个氦低温系统的压比确定，一般来说单个冷压缩机的压比在2左右。氦气缓冲罐10通过普通管道与冷箱中的压缩换热组件的入口连接。

[0020] 在其中一个实施例中，压缩换热组件包括依次连接的第一换热器、第一冷压缩机和第二换热器，氦气缓冲罐和第一换热器的进口连接，第二换热器的出口和多股流回热器单元的第一流体管路的入口连接。

[0021] 在另一个实施例中，压缩换热组件包括依次连接的第一换热器、第一冷压缩机、第二换热器和第二冷压缩机，氦气缓冲罐和第一换热器的进口连接，第二冷压缩机的出口和

多股流回热器单元的第一流体管路的入口连接。

[0022] 可以理解，压缩换热组件包括的冷压缩机或换热器的数量也可以根据压缩机的工艺参数特征以及氦低温系统循环的流程工艺特征参数按需要进行设置。

[0023] 在如图1所示的实施例中，压缩换热组件包括依次连接的第一换热器31、第一冷压缩机42、第二换热器33、第二冷压缩机44、第三换热器35、第三冷压缩机46、第四换热器37、第四冷压缩机48和第五换热器39。氦气缓冲罐10和第一换热器31的入口连接，第五换热器39的出口和多股流回热器单元50的第一流体管路的入口连接。第一换热器31的入口即为压缩换热组件的入口。第五换热器39的出口即为压缩换热组件的出口。

[0024] 多股流回热器单元50的第一流体管路的出口通过节流阀60与液氦杜瓦70的进口连接，液氦杜瓦70的气体出口与多股流回热器单元50的第二流体管路的入口连接，多股流回热器单元50的第二流体管路的出口和冷压缩机的入口连接，形成一个循环。节流阀60为J-T节流阀。液氦杜瓦70用于盛装从冷箱中节流产生的液氦，并且液氦杜瓦70中蒸发的氦气回流到冷箱中，用以实现整个氦低温系统循环。

[0025] 其中，多股流回热器单元50包括至少两个依次连接的多股流回热器。可以理解，多股流回热器的数量可以根据整个氦低温系统的工艺流程进行设置。

[0026] 在如图1所示的实施例中，多股流回热器单元50包括依次连接的第一多股流回热器52、第二多股流回热器54、第三多股流回热器56、第四多股流回热器58和第五多股流回热器59。第一多股流回热器52、第二多股流回热器54、第三多股流回热器56、第四多股流回热器58和第五多股流回热器59形成第一流体管路和第二流体管路。其中，第一多股流回热器52的入口522即为第一流体管路的入口，第五多股流回热器59的出口592即为第一流体管路的出口。第五多股流回热器59的入口594即为第二流体管路的入口，第一多股流回热器52的出口524即为第二流体管路的出口。

[0027] 在一实施方式中，氦低温系统100还可以包括第一透平膨胀机82。第一透平膨胀机82的进口端和第一流体管路连接，第一透平膨胀机82的出口端和第二流体管路连接。具体的，在如图1所示的实施例中，第一透平膨胀机82的进口端和第三多股流回热器56的出口与第四多股流回热器58的第一入口之间的第一流体管路连接。第一透平膨胀机82的出口端和第五多股流回热器59的出口与第四多股流回热器58的第二入口之间的第二流体管路连接。

[0028] 在一实施方式中，氦低温系统100还可以包括第二透平膨胀机84。第二透平膨胀机84的进口端和第一流体管路连接，第二透平膨胀机84的出口端和冷压缩机入口的流体管路连接。具体的，在如图1所示的实施例中，第二透平膨胀机84的进口端和第一多股流回热器52的出口与第二多股流回热器54的入口之间的第一流体管路连接。第二透平膨胀机84的出口端和第二冷压缩机44的进口连接。

[0029] 透平膨胀机用于实现氦气的进一步降温，使氦气降低到一定的温度。可以理解，透平膨胀机的数量和设置的位置并不限于图1中所示的数量与位置，而是可以根据氦低温系统循环的流程工艺特征参数按需要进行设置。

[0030] 上述氦低温系统100，来自氦气缓冲罐10的常温氦气，经过液氮储罐20冷却后与液氦杜瓦70中返流的氦气混合进入到冷压缩机，在冷压缩机内实现氦气压力的提升，产生的压缩热通过液氮储罐20进行冷却，最终实现氦气在液氮温区的等温压缩。压缩后的氦气在多股流换热器单元50与液氦杜瓦70返流的氦气换热，并通过透平膨胀机实现氦气进一步的

降温，降低到一定的温度，通过冷箱中的节流阀60节流实现氦气的液化，液化后的氦气通过真空夹套管进入到液氦杜瓦70中，液氦杜瓦70中蒸发的氦气返流，在多股流回热器单元50中与来流的氦气换热后进入到冷压缩机的入口与冷却到液氮温区的来自氦气缓冲罐10的氦气混合，从而实现整个氦低温系统的循环。

[0031] 上述氦低温系统100，用液氮储罐20和液氮温区压缩换热组件代替了常规大型氦低温系统中的氦气喷油螺杆压缩机、高精滤油系统以及低温纯化器，这些设备集成在一个圆柱形冷箱中。提高了整个氦低温系统的紧凑性。使得现有的大型氦低温系统在整体结构尺寸上减少40％左右，使得氦低温系统的检修维护的周期延长，提高了系统运行的可靠性，维护成本大大降低。更加有利于大型氦低温系统服务于大科学工程。

[0032] 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，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。

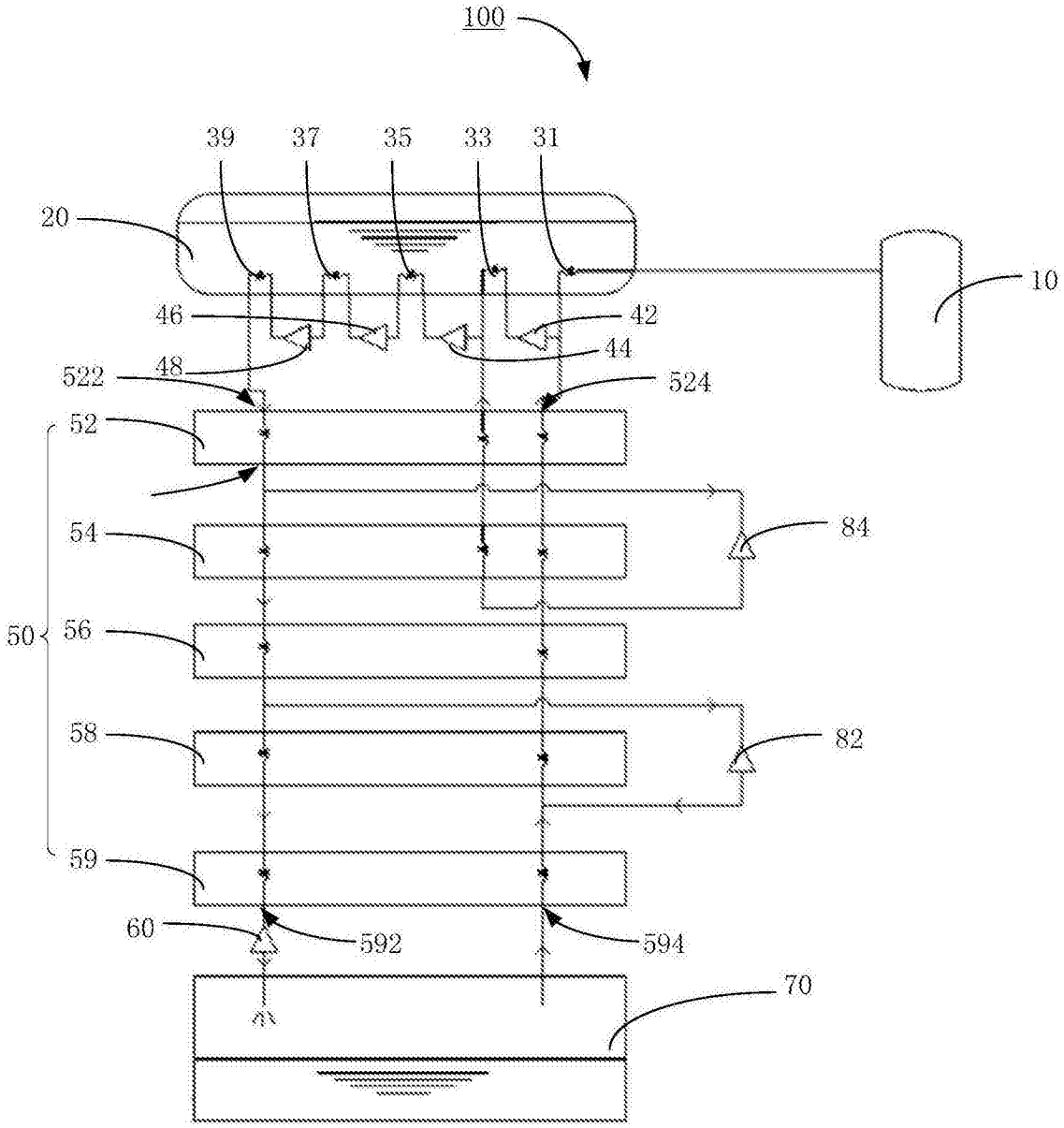

100
39
37
35
33
31
20
10
46
42
44
48
522
524
52
54
84
50
56
58
82
59
60
592
594
70

图1