



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109442798 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 09

(21) 申请号 201811485657.6

(22) 申请日 2018.12.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109442798 A

(43) 申请公布日 2019.03.08

(73) 专利权人 湖南迈太科医疗科技有限公司
地址 410100 湖南省长沙市长沙县星沙街
道凉塘路与东升路(107国道)交汇处
长沙县商务写字楼二号楼一楼

(72) 发明人 赵华炜 史永凌 万波 王鹏
李强 余乃君 虞维兴

(74) 专利代理机构 华进联合专利商标代理有限
公司 44224
专利代理师 黄晓庆

(51) Int. Cl.

F25B 23/00 (2006.01)

F25B 39/04 (2006.01)

F25B 41/40 (2021.01)

F25B 43/00 (2006.01)

F25B 45/00 (2006.01)

H01F 6/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 104534811 A, 2015.04.22

CN 106158228 A, 2016.11.23

CN 108870821 A, 2018.11.23

CN 209165834 U, 2019.07.26

EP 2256437 A2, 2010.12.01

WO 2013172148 A1, 2013.11.21

审查员 刘新颖

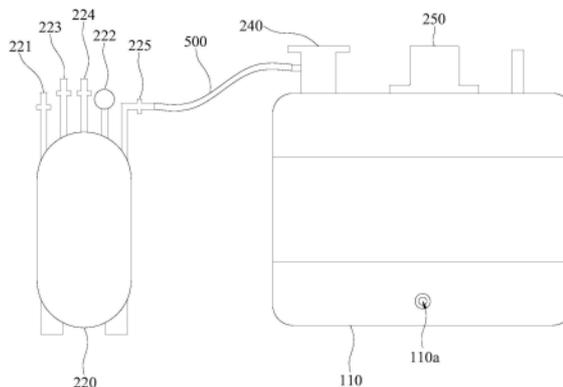
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

制冷系统、闭环制冷循环回路及注入制冷剂的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种制冷系统、闭环制冷循环回路及注入制冷剂的方法,制冷系统,包括外层容器及与超导磁体线圈热耦合的制冷回路,所述制冷回路设置于外层容器内并用于与位于外层容器外的气罐连通形成闭环制冷循环回路;使用中,当遇到超导磁体线圈失超时,电能转换成热能,闭环制冷回路中的制冷剂受热由液态蒸发成气体,制冷回路中的压强增大。由于气罐与制冷回路连通,制冷回路中的气体流向气罐中,以气罐回收制冷回路中的气体,可降低对制冷回路的承压要求;同时,由于气罐置于外层容器外,气罐的尺寸、安装位置不受外层容器内部空间的限定。



1. 一种制冷系统,用于超导磁体线圈的制冷,其特征在于,包括外层容器、与超导磁体线圈热耦合的制冷回路、预冷管、第一冷凝器、储液器、连通管及引流器,所述制冷回路设置于所述外层容器内并用于与位于所述外层容器外的气罐连通形成闭环制冷循环回路;所述外层容器内设有内层容器,所述制冷回路设置于所述内层容器内;

所述连通管的一端与所述引流器连通,所述连通管的另一端与所述储液器连通,所述预冷管的一端通过所述储液器而与所述制冷回路连通,所述预冷管的另一端用于通过所述引流器而与位于所述外层容器外的气罐连通形成所述闭环制冷循环回路;

所述预冷管位于所述内层容器和所述外层容器之间,所述预冷管与所述内层容器热耦合,在所述预冷管的引流下,所述预冷管内的冷媒能降低所述外层容器和所述内层容器之间的温度,通过所述内层容器和所述外层容器之间的低温环境来降低外部环境温度对所述制冷回路制冷效果的影响;

所述第一冷凝器与所述储液器配合以冷凝所述储液器内气化的制冷剂。

2. 根据权利要求1所述的制冷系统,其特征在于,所述制冷回路设有第一导流口和第二导流口,所述第一导流口和第二导流口均用于与气罐连通形成所述闭环制冷循环回路。

3. 根据权利要求1-2任一项所述的制冷系统,其特征在于,所述引流器内设有引流腔,所述引流腔与所述制冷回路连通,所述引流器用于与位于所述外层容器外的气罐连通形成所述闭环制冷循环回路。

4. 根据权利要求3所述的制冷系统,其特征在于,所述引流器上设有可封堵的排流口,所述排流口与所述引流腔连通。

5. 根据权利要求3所述的制冷系统,其特征在于,所述引流器包括引流器本体及盖体,所述引流器本体设有所述引流腔及与所述引流腔连通的连通口,所述盖体可拆卸安装于所述引流器本体上并与所述连通口配合以密封所述连通口。

6. 根据权利要求1所述的制冷系统,其特征在于,所述制冷回路包括与超导磁体线圈热耦合的冷却管,所述冷却管与所述储液器连通,所述储液器用于收集冷凝的制冷剂,所述储液器用于与位于所述外层容器外的气罐连通形成所述闭环制冷循环回路。

7. 根据权利要求6所述的制冷系统,其特征在于,所述第一冷凝器设置于所述储液器内。

8. 一种闭环制冷循环回路,其特征在于,包括连通的气罐及权利要求1-7任一项所述的制冷系统。

9. 根据权利要求8所述的闭环制冷循环回路,其特征在于,所述制冷回路内的工作压力为-1bar~30bar。

10. 一种注入制冷剂的方法,用于超导磁体线圈制冷,其特征在于,基于权利要求1-7任一项所述的制冷系统,包括以下步骤,

向制冷回路中注入预冷剂以降低外层容器内的温度,预冷管内的冷媒能降低外层容器和内层容器之间的温度,通过内层容器和外层容器之间的低温环境来降低外部环境温度对制冷回路制冷效果的影响;

注入制冷剂:连通位于外层容器外的气罐和位于外层容器内的制冷回路形成闭环制冷循环回路,以使气罐内的高压的气态制冷剂经过预冷管流向低压的制冷回路;及

冷凝制冷剂,以使制冷回路内的气态制冷剂冷凝成液态制冷剂。

11. 根据权利要求10所述的注入制冷剂的方法,其特征在于,所述气态制冷剂为氦气。

12. 根据权利要求11所述的注入制冷剂的方法,其特征在于,在注入制冷剂前,还包括以下步骤,

预冷制冷回路。

13. 根据权利要求12所述的注入制冷剂的方法,其特征在于,所述预冷制冷回路包括以下步骤,

除去制冷回路中的预冷剂。

14. 根据权利要求13所述的注入制冷剂的方法,其特征在于,所述预冷剂为液氮。

15. 根据权利要求13所述的注入制冷剂的方法,其特征在于,在预冷制冷回路前,还包括以下步骤,

吹洗除杂:向制冷回路中通入气态预冷剂,以气态预冷剂填充制冷回路的方式去除制冷回路中的杂质。

制冷系统、闭环制冷循环回路及注入制冷剂的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及超导磁体线圈制冷技术领域,特别是涉及一种制冷系统、闭环制冷循环回路及注入制冷剂的方法。

背景技术

[0002] 当超导体被冷却到合适的低温时,其作为导体无损传输电能,其上阻值为零,该合适的温度被称之为超导体的“超导温度”。因此,需要为超导体提供冷却系统,以确保超导体在其超导温度下工作。

[0003] 一般超导磁体冷却系统是将超导磁体线圈浸在冷却液中,利用冷却液的气化过程为超导磁体线圈降温。在此过程中,气化的气体会散发至空气中,需要定期补充冷却液。

[0004] 为了减少制冷剂的流失,一般是将制冷剂封存在闭环制冷回路中,来避免制冷剂的挥发流失至大气中。但在制冷机因断电、处于维护期间而不能制冷时,或者当超导磁体发生失超时,超导磁体存储的能量转化为热能,气化制冷剂,如果依旧保持制冷剂的封闭状态,对闭环制冷回路的承压能力要求较高。

发明内容

[0005] 基于此,本发明在于克服现有技术的缺陷,提供一种制冷系统、闭环制冷循环回路及注入制冷剂的方法,来降低对闭环制冷回路的承压能力要求。

[0006] 一种制冷系统,用于超导磁体线圈的制冷,包括外层容器及与超导磁体线圈热耦合的制冷回路,所述制冷回路设置于外层容器内并用于与位于外层容器外的气罐连通形成闭环制冷循环回路。

[0007] 上述制冷系统,使用中,当遇到超导磁体线圈失超时,电能转换成热能,闭环制冷回路中的制冷剂受热由液态蒸发成气体,制冷回路中的压强增大。由于气罐与制冷回路连通,制冷回路中的气体流向气罐中,以气罐回收制冷回路中的气体,可降低对制冷回路的承压要求;同时,由于气罐置于外层容器外,气罐的尺寸、安装位置不受外层容器内部空间的限定。在一些条件允许的情况下,可以通过尽可能地增大气罐的储气空间来降低制冷回路内的压力,以实现将制冷回路内的压力控制于设计范围内。

[0008] 在其中一个实施例中,所述外层容器内设有内层容器,所述制冷回路设置于内层容器内。使用中,内层容器和外层容器能为制冷回路提供屏蔽外部环境热量的条件,以降低外部环境热量对制冷回路制冷效果的影响。

[0009] 在其中一个实施例中,所述的制冷系统还包括预冷管,所述预冷管设置于外层容器内,所述预冷管的一端与制冷回路连通,所述预冷管的另一端用于与位于外层容器外的气罐连通形成所述闭环制冷循环回路。使用中,在预冷管的引流下,预冷管内的冷媒能降低外层容器内的温度,如此以降低外层容器内的温度。

[0010] 在其中一个实施例中,所述外层容器内设有内层容器,所述制冷回路设置于内层容器内,所述预冷管设置于外层容器内并与内层容器热耦合。使用中,在预冷管的引流下,

预冷管内的冷媒在外层容器内流动,进而控制外层容器内的温度,如此在外部环境变化的条件下,通过内层容器和外层容器之间的低温环境来降低外部环境温度对制冷回路制冷效果的影响。

[0011] 在其中一个实施例中,所述制冷回路设有第一导流口和第二导流口,所述第一导流口和第二导流口均用于与气罐连通形成所述闭环制冷循环回路。使用中,当气罐和制冷回路中的制冷剂相对流动时,制冷剂能通过第一导流口和第二导流口保持顺畅的流动。

[0012] 在其中一个实施例中,所述的制冷系统还包括引流器,所述引流器内设有引流腔,所述引流腔与制冷回路连通,所述引流器用于与位于外层容器外的气罐连通形成闭环制冷循环回路。以引流器连通外层容器和制冷回路的结构简单,且便于制冷回路和气罐连通安装。

[0013] 在其中一个实施例中,所述引流器上设有可封堵的排流口,所述排流口与引流腔连通。在需要排空制冷回路时,可通过排流口接通引流装置的方式完成制冷回路内的排空;在对超导磁体线圈进行冷却时,通过封堵排流口实现闭环制冷循环回路,如此以降低制冷剂外泄。

[0014] 在其中一个实施例中,所述引流器包括引流器本体及盖体,所述引流器本体设有所述引流腔及与引流腔连通的连通口,所述盖体可拆卸安装于引流器本体上并与连通口配合以密封连通口。当卸下盖体时,制冷回路通过连通口与外界连通,如此可通过连通口实现对制冷回路的处理操作;当将盖体安装于引流器本体上时,可使引流腔与外界分隔开来。

[0015] 在其中一个实施例中,所述制冷回路包括储液器及与超导磁体线圈热耦合的冷却管,所述冷却管与储液器连通,所述储液器用于收集冷凝的制冷剂,储液器用于与位于外层容器外的气罐连通形成闭环制冷循环回路。在对超导磁体线圈进行冷却的过程中,储液器内的制冷剂流向冷却管,通过冷却管与超导磁体线圈的热耦合,超导磁体线圈与冷却管内的制冷剂热交换,吸收超导磁体线圈热量的液态制冷剂气化流离冷却管。

[0016] 在其中一个实施例中,所述的制冷系统还包括第一冷凝器,所述第一冷凝器与所述储液器配合以冷凝储液器内气化的制冷剂。在对超导磁体线圈进行冷却的过程中,气态制冷剂沿从冷却管流向储液器,气态制冷剂与第一冷凝器发生热交换,气态制冷剂冷凝成液态制冷剂并存储于储液器中,如此实现了制冷剂在冷却管及储液器内循环流动。

[0017] 在其中一个实施例中,所述第一冷凝器设置于储液器内。第一冷凝器设置于储液器内的方式能有利于气态制冷剂冷凝成液态制冷剂。

[0018] 一种闭环制冷循环回路,包括连通的气罐及所述的制冷系统。

[0019] 上述闭环制冷循环回路,所述气罐设置于外层容器外,所述气罐与制冷回路连通形成闭环制冷循环回路。由于气罐置于外层容器外,气罐的尺寸、安装位置不受外层容器内部空间的限定。在允许的条件允许的情况下,通过尽可能地增大气罐的储气空间来降低制冷回路内的压力,以实现将制冷回路内的压力控制于较低的设计范围内。

[0020] 在其中一个实施例中,所述制冷回路内的工作压力为-1bar~30bar。将制冷回路的工作压力限制于-1bar~30bar时,能提高制冷回路的安全性并降低制造难度。

[0021] 一种注入制冷剂的方法,用于超导磁体线圈的制冷,包括如下步骤,注入制冷剂:连通位于外层容器外的气罐和位于外层容器内的制冷回路形成闭环制冷循环回路,以使气罐内的高压的气态制冷剂流向低压的制冷回路;冷凝制冷剂以使制冷回路内的气态制冷剂

冷凝成液态制冷剂。

[0022] 上述注入制冷剂的方法,由于气罐内的气压较高,制冷循环回路内的气压较低,在气罐与制冷回路连通形成闭环冷却回路时,气罐内的气态制冷剂会迅速地从高压的气罐流向低压的制冷回路,以使气罐内和制冷回路内的气压处于相对平衡的状态;通过将制冷回路内的气态制冷剂冷凝成液态制冷剂,使得制冷回路内的气压持续保持低于气罐内气压的状态,如此以利用压差实现气态制冷剂自动流向制冷回路。

[0023] 在其中一个实施例中,所述气态制冷剂为氦气。氦气冷凝成液氦后,其温度低,利用液氦能为超导磁体线圈提供需要的低温环境;如此能保证超导磁体线圈的正常使用。

[0024] 在其中一个实施例中,在注入制冷剂前还包括以下步骤,预冷制冷回路。通过预冷制冷回路,能降低外层容器内的温度;在向制冷回路注入制冷剂的过程中,由于内层容器内温度较低,如此能提高气态制冷剂在制冷回路中的冷凝速度,进而减小注入制冷剂的时间。

[0025] 在其中一个实施例中,所述预冷制冷回路包括以下步骤,向制冷回路中注入预冷剂以降低制冷回路的温度;除去制冷回路中的预冷剂。以制冷回路作为预冷剂预冷外层容器及制冷回路的结构简单;同时,此种利用制冷回路既完成预冷剂输送又完成制冷剂输送能便于简化外层容器的内部结构。

[0026] 在其中一个实施例中,所述预冷剂为液氮。液氮具有沸点低且成本低廉的特点,选用液氮为预冷剂能够节省预冷成本。

[0027] 在其中一个实施例中,在预冷制冷回路前,还包括以下步骤,吹洗除杂:向制冷回路中通入气态预冷剂,以气态预冷剂填充制冷回路的方式去除制冷回路中的杂质。以气态预冷剂吹洗除杂的方式,能够防止某气体被注入的液态预冷剂冷凝成固体杂质,如此固体杂质影响制冷回路的正常使用。

附图说明

[0028] 图1为一实施例所述的制冷系统的结构示意图;

[0029] 图2为外层容器的内部结构图;

[0030] 图3为图2中A处的局部放大图。

[0031] 附图标记说明:

[0032] 110、外层容器,110a、抽气孔,120、内层容器,210、制冷回路,210a、第一导流口,210b、第二导流口,211、储液器,212、冷却管,220、气罐,221、抽气口,222、压力表,223、第一泄压阀,224、第二泄压阀,225、导流孔,230、预冷管,240、引流器,240a、引流腔,240b、排流口,240c、导通口,241、引流器本体,241a、连通口,242、盖体,250、制冷机,251、第一冷凝器,252、第二冷凝器,260、连通管,300、超导磁体线圈,400、自冷却超导开关,500、导气管。

具体实施方式

[0033] 为了便于理解本发明,下面将参照相关附图对本发明进行更全面的描述。附图中给出了本发明的较佳实施方式。但是,本发明可以以许多不同的形式来实现,并不限于本文所描述的实施方式。相反地,提供这些实施方式的目的是使对本发明的公开内容理解的更加透彻全面。

[0034] 需要说明的是,当元件被称为“固定于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上

或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。相反,当元件被称作“直接在”另一元件“上”时,不存在中间元件。本文所使用的术语“垂直的”、“水平的”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明的目的,并不表示是唯一的实施方式。

[0035] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施方式的目的,不是旨在限制本发明。本文所使用的术语“及/或”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

[0036] 结合图1及图2所示,在一实施例中提供一种制冷系统,用于超导磁体线圈制冷,包括外层容器110及与超导磁体线圈300热耦合的制冷回路210,所述制冷回路210设置于外层容器110内并用于与位于外层容器110外的气罐220连通形成闭环制冷循环回路。

[0037] 上述制冷系统,使用中,当遇到超导磁体线圈300失超时,电能转换成热能,闭环制冷回路210中的制冷剂受热由液态蒸发成气体,制冷回路210中的压强增大。由于气罐220与制冷回路210连通,制冷回路210中的气体流向气罐220中,以气罐220回收制冷回路210中的气体,可降低对制冷回路210的承压要求;同时,由于气罐220置于外层容器110外,气罐220的尺寸、安装位置不受外层容器110内部空间的限定。在一些条件允许的情况下,可以通过尽可能地增大气罐220的储气空间来降低制冷回路210内的压力,以实现将制冷回路210内的压力控制于设计范围内。

[0038] 一实施例中,所述外层容器110内设有内层容器120,所述制冷回路210设置于内层容器120内。使用中,内层容器120和外层容器110能为制冷回路210提供屏蔽外部环境热量的条件,以降低外部环境热量对制冷回路210制冷效果的影响。

[0039] 具体地,在本实施例中,所述的制冷系统还包括预冷管230,所述预冷管230设置于外层容器110内,所述预冷管230的一端与制冷回路210连通,所述预冷管230的另一端用于与位于外层容器110外的气罐220连通形成所述闭环制冷循环回路。使用中,在预冷管230的引流下,预冷管230内的冷媒能降低外层容器110内的温度,如此以降低外层容器110内的温度。

[0040] 进一步地,在本实施例中,所述外层容器110内设有内层容器120,所述制冷回路210设置于内层容器120内,所述预冷管230设置于外层容器110内并与内层容器120热耦合。使用中,在预冷管230的引流下,预冷管230内的冷媒在外层容器110内流动,进而控制内层容器120内温度,如此在外部环境变化的条件下,通过内层容器120和外层容器110之间的低温环境来降低外部环境温度对制冷回路210制冷效果的影响。

[0041] 需要说明的是,预冷管230可位于内层容器120和外层容器110之间,也可以位于内层容器120内。当预冷管230位于内层容器120内时,冷媒在内层容器120内流动;当预冷管230位于内层容器120和外层容器110之间时,冷媒在内层容器120和外层容器110之间流动;当内层容器120和外层容器110之间、及内层容器120内均有冷却管230时,冷媒在内层容器120和外层容器110之间、及内层容器120内流动。

[0042] 需要说明的是,一般使用中,上述的外层容器110是指300K容器,300k是300开尔文(温度);也就是说,300K容器所处的外部环境是室温。内层容器120是指50K容器,50K是50开尔文(温度);也就是说,50K容器所处的外部环境是50K。

[0043] 所述外层容器110上开设有至少一个抽气孔110a,所述抽气孔110a用于排出内层容器120和外层容器110之间的气体,使二者之间呈真空状态,如此以实现真空隔热。

[0044] 结合图3所示,一实施例中,所述制冷回路210设有第一导流口210a和第二导流口210b,所述第一导流口210a和第二导流口210b均用于与气罐220连通形成所述闭环制冷循环回路。使用中,当气罐220和制冷回路210中的制冷剂相对流动时,制冷剂能通过第一导流口210a和第二导流口210b保持顺畅的流动。

[0045] 结合图3所示,一实施例中,所述的制冷系统还包括引流器240,所述引流器240内设有引流腔240a,所述引流腔240a与制冷回路210连通,所述引流器240用于与位于外层容器110外的气罐220连通形成闭环制冷循环回路。以引流器240连通外层容器110和制冷回路210的结构简单,且便于制冷回路210和气罐220连通安装。

[0046] 具体地,在本实施例中,所述制冷回路210包括上述的预冷管230及连通管260,所述连通管260的一端与第一导流口210a连通,预冷管230的另一端与引流腔240a连通;预冷管230的一端与第二导流口201b连通,预冷管230的另一端与引流腔240a连通。

[0047] 进一步地,所述连通管260的一端与引流腔240a的顶部连通,所述预冷管230的一端与引流腔240a的顶部连通。

[0048] 一实施例中,所述引流器240上设有可封堵的排流口240b,所述排流口240b与引流腔240a连通。在需要排空制冷回路210时,可通过排流口240b接通引流装置的方式完成制冷回路210内的排空;在对超导磁体线圈300进行冷却时,通过封堵排流口240b实现闭环制冷循环回路,如此以降低制冷剂外泄。

[0049] 一实施例中,所述引流器240包括引流器本体241及盖体242,所述引流器本体241设有所述引流腔240a及与引流腔240a连通的连通口241a,所述盖体242可拆卸安装于引流器本体241上并与连通口241a配合以密封连通口241a。当卸下盖体242时,制冷回路210通过连通口241a与外界连通,如此可通过连通口241a实现对制冷回路210的处理操作;当将盖体242安装于引流器本体241上时,可使引流腔240a与外界分隔开来。

[0050] 具体地,在本实施例中,所述排流口240b开设于盖体242上。在所述盖体242上还开设有导通口240c,所述导通口240c用于与气罐220连通。

[0051] 需要说明的是,一般不同的设备具有不同型号规格的接头。在本实施例中,排流口240b是用于真空泵连接;所述导通口240c用于与气罐220连通。当然,若是采用接头转接器,所述气罐220也可以与排流口240b连通。

[0052] 一实施例中,所述制冷回路210包括储液器211及与超导磁体线圈300热耦合的冷却管212,所述冷却管212与储液器211连通,所述储液器211用于收集冷凝的制冷剂,储液器211用于与位于外层容器110外的气罐220连通形成闭环制冷循环回路。在对超导磁体线圈300进行冷却的过程中,储液器211内的制冷剂流向冷却管212,通过冷却管212与超导磁体线圈300的热耦合,超导磁体线圈300与冷却管212内的制冷剂热交换,吸收超导磁体线圈300热量的液态制冷剂气化流离冷却管212。

[0053] 具体地,在本实施例中,所述冷却管212的一端与引流腔240a的顶部连通,所述冷却管212的另一端与引流腔240a的底部连通。使用中,液态制冷剂从引流腔240a的底部流入冷却管212,冷却管212内的气态的制冷从引流腔240a的顶部流入引流腔240a。

[0054] 需要解释的是,前述的“与引流腔240a的顶部连通”及“与引流腔240a的底部连通”

是相对概念,这里要表达的是两个位置有高度差,也就是引流腔240a的顶部高于引流腔240a的底部。

[0055] 进一步地,在本实施例中,所述冷却管212的进口端和出口端之间设置有自冷却超导开关400。

[0056] 一实施例中,所述的制冷系统还包括第一冷凝器251,所述第一冷凝器251与所述储液器211配合以冷凝储液器211内气化的制冷剂。在对超导磁体线圈300进行冷却的过程中,气态制冷剂沿从冷却管212流向储液器211,气态制冷剂与第一冷凝器251发生热交换,气态制冷剂冷凝成液态制冷剂并存储于储液器211中,如此实现了制冷剂在冷却管212及储液器211内循环流动。

[0057] 一实施例中,所述第一冷凝器251设置于储液器211内。第一冷凝器251设置于储液器211内的方式能有利于气态制冷剂冷凝成液态制冷剂。

[0058] 具体地,在本实施例中,所述外层容器110和内层容器120之间设有第二冷凝器252,所述第二冷凝器252设置于内层容器120和外层容器110之间。所述第二冷凝器252与冷却管230及预冷管230热耦合。

[0059] 具体地,在本实施例中,所述制冷系统包括制冷机250,所述制冷机250设有一级冷头和二级冷头,所述一级冷头为所述第二冷凝器252,所述二级冷头为所述第一冷凝器252。

[0060] 再一实施例提供一种闭环制冷循环回路包括连通的气罐220及前述任一项实施例所述的制冷系统。

[0061] 上述的闭环制冷循环回路,所述气罐220设置于外层容器110外,所述气罐220与制冷回路210连通形成闭环制冷循环回路。由于气罐220置于外层容器110外,气罐220的尺寸、安装位置不受外层容器110内部空间的限定。在允许的条件允许的情况下,通过尽可能地增大气罐220的储气空间来降低制冷回路210内的压力,以实现将制冷回路210内的压力控制于较低的设计范围内。

[0062] 一实施例中,所述制冷回路内的工作压力为-1bar~30bar。将制冷回路的工作压力限制于-1bar~30bar时,能提高制冷回路的安全性并降低制造难度。

[0063] 例如,储液器211内最大存储液氦量为10L,若是气罐220的体积大于500L,此时闭环制冷循环回路内的最大工作压力小于16bar。

[0064] 具体地,在本实施例中,所述气罐220和引流器240之间设有导气管500,导气管500的一端与引流器240连通,导气管500的另一端与气罐220连通,通过导气管500使气罐220与制冷回路210形成闭环制冷循环回路。当然,在其他实施例中,所述导气管500也可以采用其他结构替代实现气罐220与引流器240之间的连通;例如气罐220直接设置于引流器240上。

[0065] 又一实施例中提供一种气罐220,该气罐220上设导气口221及导流孔225,所述导气口221用于对气罐220进行充气或排气处理;所述导流孔225用于与制冷回路210连通形成闭环制冷循环回路。所述气罐220上还设有压力表222、第一泄压阀223。所述压力表222用于监测并显示气罐220内的压力值;当气罐220内的气压大于第一预设值时,所述第一泄压阀223开启泄压。

[0066] 进一步地,所述气罐220还包括第二泄压阀224,当气罐220内的气压大于第二预设值时,所述第二泄压阀224开启泄压。第一预设值小于第二预设值,第一泄压阀223与第二泄压阀224相较,第一泄压阀223的泄压速度小于第二泄压阀224的泄压速度。

- [0067] 一般气罐220内的所有气体制冷剂液化成液态制冷剂后均能存储于储液器211内。
- [0068] 一种注入制冷剂的方法,用于超导磁体线圈制冷,包括以下步骤:
- [0069] 注入制冷剂:连通位于外层容器110外的气罐220和位于外层容器110内的制冷回路210形成闭环制冷循环回路,以使气罐220内的高压的气态制冷剂流向低压的制冷回路210;冷凝制冷剂以使制冷回路210内的气态制冷剂冷凝成液态制冷剂。
- [0070] 上述注入制冷剂的方法,由于气罐220内的气压较高,制冷循环回路内的气压较低,在气罐220与制冷回路210连通形成闭环冷却回路时,气罐220内的气态制冷剂会迅速地从高压的气罐220流向低压的制冷回路210,以使气罐220内和制冷回路210内的气压处于相对平衡的状态;通过将制冷回路210内的气态制冷剂冷凝成液态制冷剂,使得制冷回路210内的气压持续保持低于气罐220内气压的状态,如此以利用压差实现气态制冷剂自动流向制冷回路210。
- [0071] 下面结合上述的制冷系统说明上述方法:
- [0072] 气罐220内气压高于制冷回路210内气压的情况包括以下两种:
- [0073] 情况一:当闭环制冷循环回路内出现制冷剂存储量低于预设量时,向气罐220内注入气态制冷剂,如此气罐220内的气压会高于制冷回路210内的气压。
- [0074] 情况二:当制冷回路与大气连通时,以抽真空的方式排出制冷回路210内的空气,如此气罐220内的气压会高于制冷回路210内的气压。
- [0075] 一实施例中,所述气态制冷剂为氦气。氦气冷凝成液氦后,其温度低,利用液氦能为超导磁体线圈300提供需要的低温环境;如此能保证超导磁体线圈300的正常使用。
- [0076] 一实施例中,在注入制冷剂前,还包括以下步骤,
- [0077] 预冷制冷回路210;通过预冷制冷回路210,能降低外层容器110内的温度;在向制冷回路210注入制冷剂的过程中,由于内层容器120内温度较低,如此能提高气态制冷剂在制冷回路210中的冷凝速度,进而减小注入制冷剂的时间。
- [0078] 一实施例中,所述预冷制冷回路210包括以下步骤,
- [0079] 向制冷回路210中注入预冷剂以降低制冷回路210的温度;
- [0080] 除去制冷回路210中的预冷剂。
- [0081] 以制冷回路210作为预冷剂预冷外层容器110及制冷回路210的结构简单;同时,此种利用制冷回路210既完成预冷剂输送又完成制冷剂输送能便于简化外层容器110的内部结构。
- [0082] 一实施例中,所述预冷剂为液氮。液氮具有沸点低且成本低廉的特点,选用液氮为预冷剂能够节省预冷成本。
- [0083] 下面结合上述的制冷系统说明上述方法:在向制冷回路210内注入液氮时,打开盖体242,液氮从与引流腔240a连通的预冷管230的端口处注入,进入冷却管212的预冷剂流向储液器211及冷却管212;液氮在吸热量后气化成氮气,氮气从引流腔240a连通的连通管260的管口排出。
- [0084] 需要说明的是,在将液氮注入预冷管230内时,由于外层容器110内的温度处于270K~300K,液氮温度为77K,进入的液氮迅速汽化,汽化后形成的氮气温度接近100K,270K与100K存在较大温差,制冷回路210内形成强制对流;以致将外层容器110内的温度降至77K。

[0085] 一实施例中,在预冷制冷回路210前,还包括以下步骤,

[0086] 吹洗除杂:向制冷回路210中通入气态预冷剂,以气态预冷剂填充制冷回路210的方式去除制冷回路210中的杂质。

[0087] 以气态预冷剂吹洗除杂的方式,能够防止某气体被注入的液态预冷剂冷凝成固体杂质,如此固体杂质影响制冷回路210的正常使用。

[0088] 需要说明的是,所述超导磁体线圈300采用超导材料制成。当储液器211内存储有预设液氦量时方可对超导线圈进行加电流励磁升场。

[0089] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0090] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

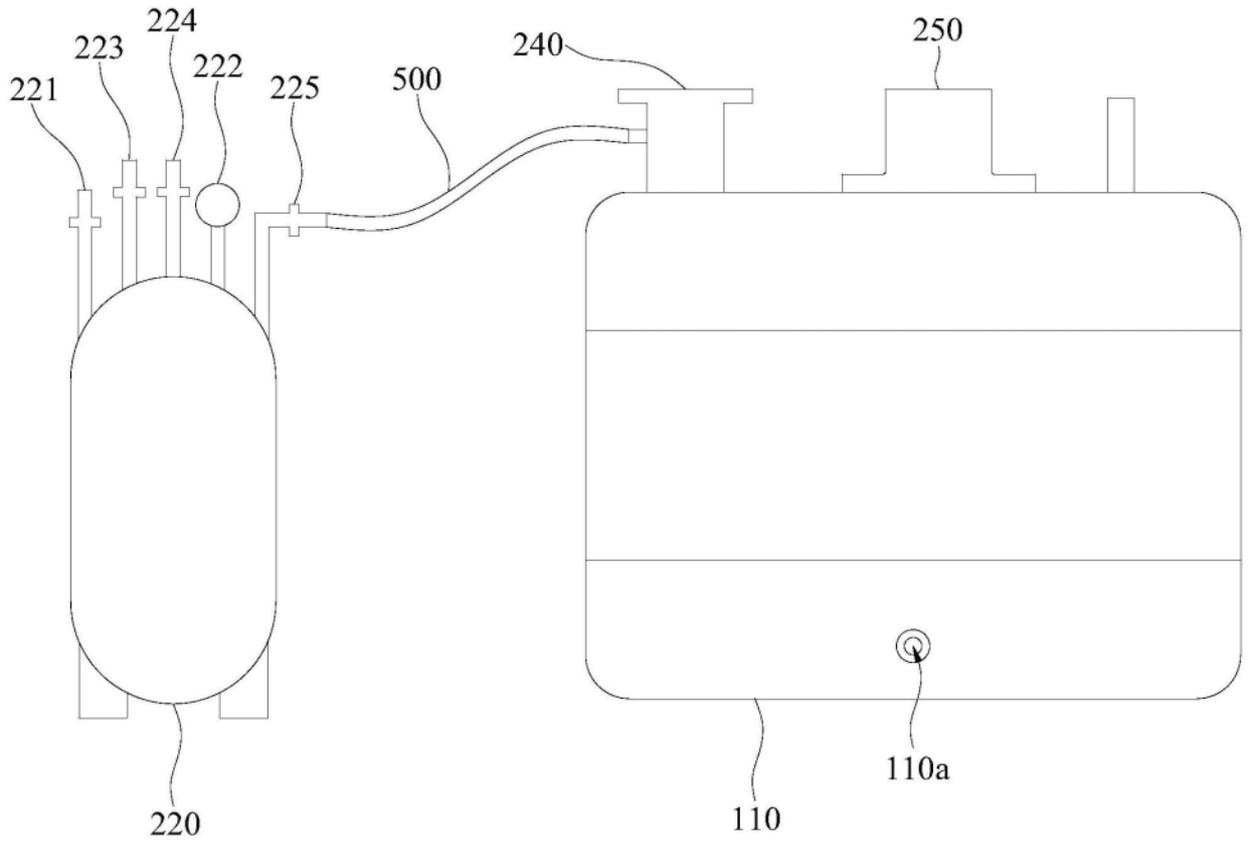


图1

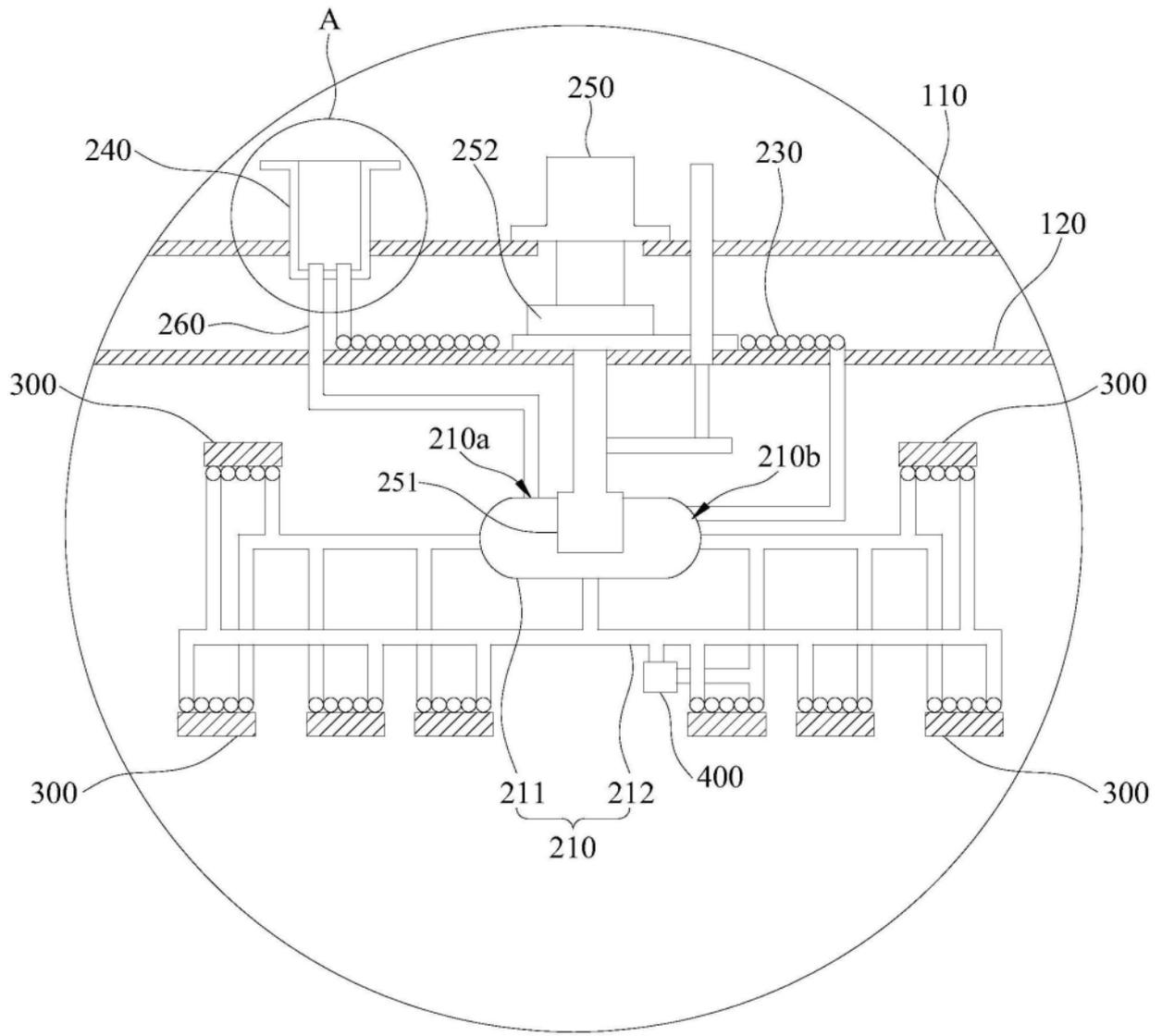


图2

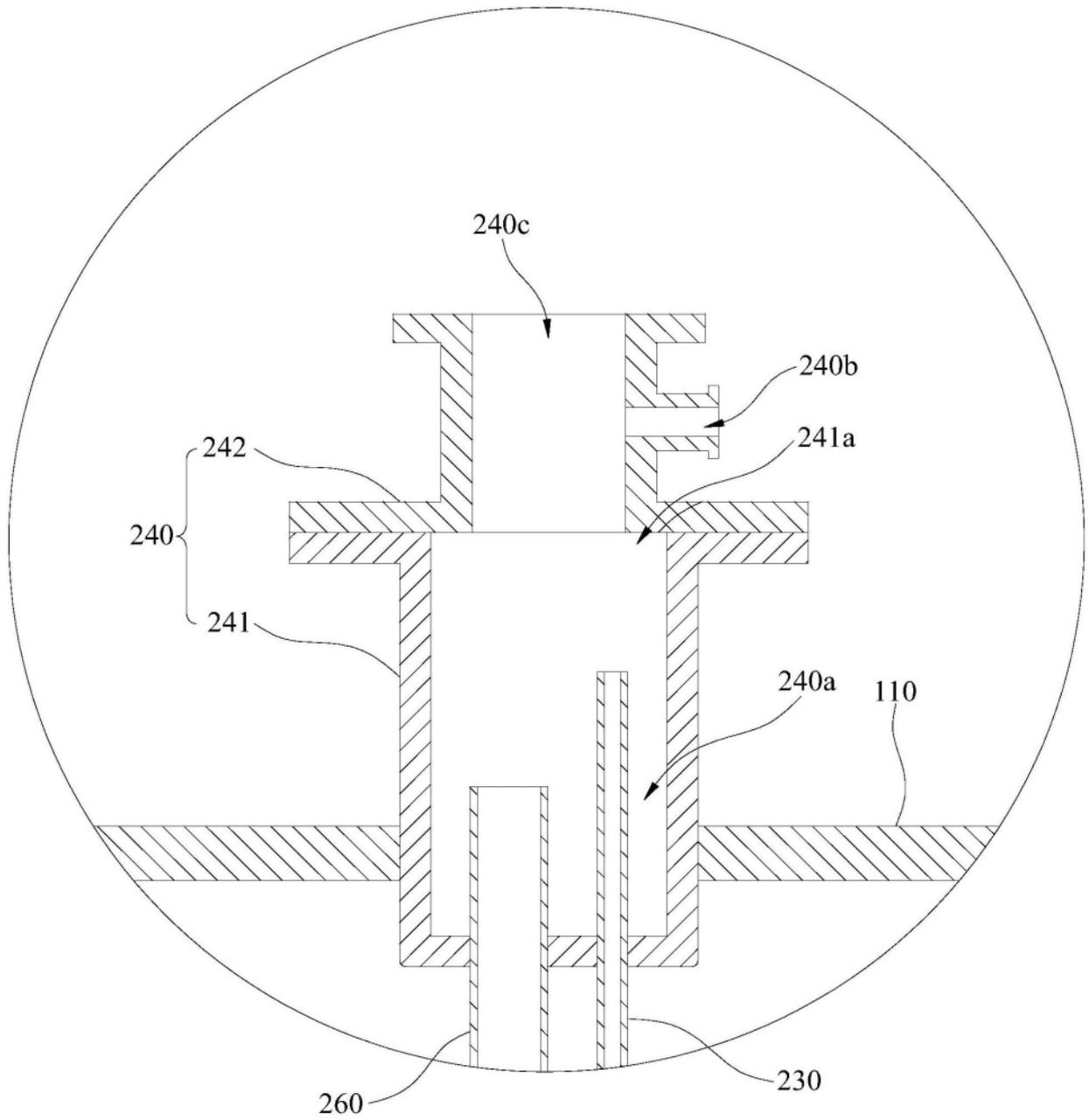


图3