



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110291325 B

(45) 授权公告日 2021. 10. 26

(21) 申请号 201880006972.8

(22) 申请日 2018.01.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110291325 A

(43) 申请公布日 2019.09.27

(30) 优先权数据
A50028/2017 2017.01.16 AT

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.07.15

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/AT2018/060001 2018.01.05

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/129571 DE 2018.07.19

(73) 专利权人 克里奥塞尔特有限责任公司
地址 奥地利多布尔-茨瓦灵

(72) 发明人 马蒂亚斯·雷贝尼克

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
代理人 张敬强 杜嘉璐

(51) Int. Cl.
F17C 3/04 (2006.01)
F17C 3/08 (2006.01)
F17C 13/00 (2006.01)
F17C 13/02 (2006.01)

审查员 赵雪

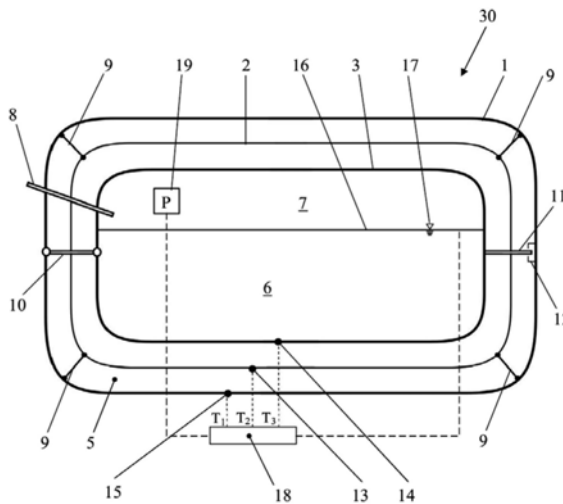
权利要求书3页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

用于确定双壁真空绝热容器的绝热质量的装置和方法

(57) 摘要

一种双壁真空绝热容器 (30,40), 具有外壁 (1)、内壁 (3) 和位于它们之间的真空室 (5), 真空室中设置有绝热装置 (2,20)。至少三个相互间隔开的温度传感器 (13,13a,13b,14,15) 反复检测容器 (30,40) 的瞬时温度 (T1,T2,T2A,T2B,T3)。使用基于容器的结构和材料特性以及由此产生的热辐射的传热模型至少以逐点的方式计算温度曲线,该温度曲线包含检测到的温度 (T1,T2,T2A,T2B,T3) 中的至少两个。温度曲线用于计算至少另外一个温度传感器的位置的温度设定点值,并与由该温度传感器检测到的温度实际值进行比较。温度设定点值与温度实际值之间的差值用于检测容器的绝热质量的变化。



1. 一种用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其中,所述容器具有面向周围环境的外壁(1)以及限定内罐的内壁(3),其中在双壁的容器的外壁和内壁之间形成有真空室(5),所述真空室(5)中设置有至少一个绝热装置,其中,

所述容器(30,40)具有至少三个彼此间隔开的温度传感器(13,13a,13b,14,15),它们反复记录所述容器(30,40)的瞬时温度,其中第一温度传感器(13)位于所述绝热装置处,并且至少两个另外的温度传感器(13a,13b,14,15)分别位于所述外壁(1)和所述内壁(3)处,或者位于所述外壁(1)和另外的绝热装置处,或者位于内壁(3)和另外的绝热装置处,其中所述装置包括评估单元(18),所述评估单元(18)接收由所述温度传感器(13,13a,13b,14,15)记录的温度($T_1, T_2, T_{2A}, T_{2B}, T_3$),其特征在于,

在所述评估单元(18)中存储有基于所述容器的结构和材料特性以及由此产生的热辐射的热传递模型,并且其中所述评估单元(18)被配置为根据所述热传递模型至少在某些点计算温度曲线,根据所述温度曲线计算所述温度传感器中的至少一个另外的温度传感器所处位置的期望温度值,将所述期望温度值与由该另外的温度传感器实际记录的实际温度值进行比较,并且在所述期望温度值与所述实际温度值之间的偏差超过极限值时,根据所述偏差检测所述容器的绝热质量的变化,所述温度曲线包含由所述温度传感器(13,13a,13b,14,15)记录的温度($T_1, T_2, T_{2A}, T_{2B}, T_3$)中的至少两个温度。

2. 根据权利要求1所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,所述容器的热传递模型还将考虑由结构和材料特性引起的热传导。

3. 根据权利要求1或2所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,所述热传递模型为逐层的热传递模型。

4. 根据权利要求1或2所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,所述绝热装置包括至少一个绝热隔板(2)和/或多层绝热体(20),所述多层绝热体(20)具有由金属膜(22)和绝热材料(23)制成的复合层(21)。

5. 根据权利要求4所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,所述复合层(21)形成为具有若干匝数的线圈。

6. 根据权利要求1或2所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,在所述实际温度值与所述期望温度值的偏差小于所述期望温度值时,所述评估单元(18)将检测到的所述容器的绝热质量的变化归为所述真空室(5)内的压力增加。

7. 根据权利要求1或2所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,在所述实际温度值与所述期望温度值的偏差大于所述期望温度值时,所述评估单元(18)将检测到的所述容器的绝热质量的变化归为所述外壁(1)的损坏。

8. 根据权利要求1或2所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,所述评估单元(18)被配置为根据环境条件确定所述外壁(1)的温度。

9. 根据权利要求8所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,所述评估单元(18)与外部设备的温度传感器连接,并根据其温度信号得出所述外壁的温度。

10. 根据权利要求9所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,所述外部设备的温度传感器是安装有所述装置的车辆的外部温度传感器。

11. 根据权利要求1或2所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装

置,其特征在于,所述评估单元(18)被配置为,基于所述真空室(5)内的不同已知真空压力下的先前温度测量,根据所述期望温度值与所述实际温度值之间的差值来确定所述真空室(5)内的真空压力。

12. 根据权利要求1或2所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,在所述内罐中设置压力传感器(19),并且所述评估单元(18)被配置为接收所述压力传感器的压力信号,并且通过在所述内罐内储存的液化气体的沸腾温度的压力依赖性根据所述压力信号确定所述内罐内的温度。

13. 根据权利要求12所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,所述评估单元(18)被配置为,将由所述压力传感器(19)测得的所述内罐内的压力变化在变化率超过极限值时归为瞬态罐填充处理。

14. 根据权利要求1或2所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,在所述内罐内设置有填充水平传感器(17),所述填充水平传感器(17)的填充水平信号(f)被提供给所述评估单元(18),其中,所述评估单元(18)被配置为,将所储存的液化气体(7)的填充水平(16)的变化在变化率超过极限值时归为瞬态罐填充处理。

15. 根据权利要求1或2所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,所述评估单元(18)被配置为通过设置彼此齐平的直线段来近似处理所述温度曲线,所述直线段分别连接由所述温度传感器记录的相邻的实际温度值,其中所述评估单元(18)从两个相邻的直线段之间的连接点处的角度(α)得出该连接点处的实际温度值与期望温度值的偏差。

16. 根据权利要求15所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的装置,其特征在于,所述评估单元(18)被配置为,根据与该连接点处的实际温度值的变化率成比例的角度(α)的变化率对其进行归类。

17. 一种用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的方法,其中,所述容器具有面向周围环境的外壁(1)以及限定内罐的内壁(3),其中在双壁的容器的外壁和内壁之间形成有真空室(5),所述真空室(5)中设置有至少一个绝热装置,其中,所述容器(30,40)具有至少三个彼此间隔开的温度传感器(13,13a,13b,14,15),它们反复记录所述容器(30,40)的瞬时温度($T_1, T_2, T_{2A}, T_{2B}, T_3$),其中第一温度传感器(13)位于所述绝热装置处,并且至少两个另外的温度传感器(13a,13b,14,15)分别位于所述外壁(1)和所述内壁(3)处,或者位于所述外壁(1)和另外的绝热装置处,或者位于内壁(3)和另外的绝热装置处,其特征在于,

使用基于所述容器的结构和材料特性以及由此产生的热辐射的热传递模型至少在某些点计算温度曲线,所述温度曲线包含由所述温度传感器(13,13a,13b,14,15)记录的温度($T_1, T_2, T_{2A}, T_{2B}, T_3$)中的至少两个温度,其中根据所述温度曲线计算所述温度传感器中的至少一个另外的温度传感器所处位置的期望温度值,将所述期望温度值与由该另外的温度传感器实际记录的实际温度值进行比较,并且在所述期望温度值与所述实际温度值之间的偏差超过极限值时,根据所述偏差检测所述容器的绝热质量的变化。

18. 根据权利要求17所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的方法,其特征在于,所述容器的热传递模型还考虑由所述容器的结构和材料特性引起的热传导。

19. 根据权利要求17或18所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的

方法,其特征在于,所述热传递模型为逐层的热传递模型。

20. 根据权利要求17或18所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的方法,其特征在于,在所述实际温度值与所述期望温度值的偏差小于所述期望温度值时,检测到的所述容器的绝热质量的变化被归为所述真空室(5)内的压力增加。

21. 根据权利要求17或18所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的方法,其特征在于,在所述实际温度值与所述期望温度值的偏差大于所述期望温度值时,检测到的所述容器的绝热质量的变化被归为所述外壁(1)的损坏。

22. 根据权利要求17或18所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的方法,其特征在于,基于所述真空室(5)内的不同已知真空压力下的先前温度测量,根据所述期望温度值与所述实际温度值之间的差值来确定所述真空室(5)内的真空压力。

23. 根据权利要求17或18所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的方法,其特征在于,在所述内罐中设置压力传感器(19),并且通过在所述内罐内储存的液化气体的沸腾温度的压力依赖性根据压力信号确定所述内罐内的温度。

24. 根据权利要求23所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的方法,其特征在于,由所述压力传感器(19)测得的所述内罐内的压力变化在变化率超过极限值时被归为瞬态罐填充处理。

25. 根据权利要求17或18所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的方法,其特征在于,在所述内罐内设置有填充水平传感器(17),其中所储存的液化气体(7)的填充水平(16)的变化在变化率超过极限值时被归为瞬态罐填充处理。

26. 根据权利要求17或18所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的方法,其特征在于,通过设置彼此齐平的直线段来近似处理所述温度曲线,所述直线段分别连接由所述温度传感器记录的相邻的实际温度值,其中从两个相邻的直线段之间的连接点处的角度(α)得出该连接点处的实际温度值与期望温度值的偏差。

27. 根据权利要求26所述的用于确定双壁真空绝热的容器(30,40)的绝热质量的方法,其特征在于,根据与连接点处的实际温度值的变化率成比例的角度(α)的变化率对其原因进行归类。

用于确定双壁真空绝热容器的绝热质量的装置和方法

[0001] 本发明涉及用于确定双壁真空绝热容器的绝热质量的装置和方法。

[0002] 一方面,双壁真空绝热容器的绝热等级大大取决于真空质量。随着时间的推移—在数月或数年的过程中,由于所涉及的材料和表面的漏气和/或由于通过密封壁的扩散,真空压力将逐渐增加。由于机械缺陷,例如发裂或严重损坏,真空压力也可能迅速增加。如果真空压力超过某个阈值,那么这将导致通过真空绝热体引入的热量增加,因此,绝热等级受到影响。可以通过重新对真空空间抽空来恢复绝热等级。然而,抽空是相当麻烦且耗时的。

[0003] 另一方面,绝热等级取决于不受干扰的超绝热的新的发展。一个例子是独立的绝热隔板,其主要任务是防止热辐射,这也是使用术语“热辐射隔板”的原因。在下面的描述中,有时使用缩写术语“隔板”来替代术语“绝热隔板”或“热辐射隔板”;如本文所使用的,所有三个术语具有相同的含义。热辐射隔板安装在内壁(内罐)和外壁(外部容器)之间,使得除了隔板安装之外,在热辐射隔板 and 外部容器之间或者热辐射隔板和内罐之间分别不存在任何直接接触。这样的直接接触可能影响绝热等级—根据接触表面—由于热辐射隔板和相应的壁之间的附加的直接热传导。这同样适用于介于其间的多层绝热体(multi-layer-insulation,MLI),该多层绝热体由许多铝膜和纤维垫(或具有低导热性的类似材料)组成。其中,有效的绝热等级基本上取决于层密度,即,各层相互挤压的力。该力将影响层之间的热传导,并因此影响在到内壁的方向上的总热流,内壁与外壁相比相对较冷。如果该力—甚至局部地—例如因外部容器的变形而增大,则热量的引入也将增加。

[0004] 下面通过低温容器的例子说明本发明所基于的问题。低温容器用于储存和运输处于 -120°C 和更低温度的深冷液化气体。低温容器由外部容器和内罐组成。内罐通过内罐悬架安装在外部容器内。用于填充和取出液化气体的管道从内罐经过真空绝热空间通到外部容器。外部容器和内罐彼此不接触。外部容器和内罐之间的间隔(真空室)被抽空。在真空室中,另外安装了绝热体,其包括一个或多个热辐射隔板,热辐射隔板减少了由热辐射引起的热量的引入。如果真空压力小于 10^{-4} 毫巴,则将实现热辐射隔板的最佳绝热效果,因为从该压力开始,剩下的自由分子(残余气体)的热传递低到可忽略。如果压力超过该值,则残余气体的热传递将增加,直至出现自由对流和与之相关的热量的大量引入,这可能增大低温容器的储存损失直至该容器无用。

[0005] 为了测量约 10^{-4} 毫巴数量级范围的真空压力,需要灵敏且昂贵的传感器和评估单元,例如,即使最低压力为 10^{-4} 也可以使用的皮拉尼真空计或用于高和超高真空区域(该压力为从约 10^{-3} 到 10^{-12})的压力测定的电离真空计。电离真空计的原理基于借助于电气量值的间接压力测量,电气量值与具有粒子数密度的残余气体粒子成比例。出于此目的,残余气体必须被电离,对此存在各种实现方式:冷阴极电离真空计和热阴极电离真空计。

[0006] 然而,这些测量方法更昂贵并且特别不适合用于移动应用,例如液化气罐,特别是液化天然气燃料罐([LNG]燃料罐)。

[0007] 本发明利用双壁容器的选定测量点处和/或双壁容器内(例如,多层绝热体的绝热层处、热辐射隔板处、内壁和/或外壁处的测量点)的温度曲线(若干温度)来作为检测通过双壁真空绝热容器的真空绝热体的热流变化的量度。热流的变化(一般来说是增加)可能是

由于：

[0008] -分别在一个容器与热辐射隔板或多层绝热体的一个或多个层之间的附加的和/或增加的物理接触(通过增大的接触压缩)；

[0009] -真空压力的变化；和/或

[0010] -作用表面的热辐射特性的变化,例如,由于磨损(通过使用寿命)。

[0011] 在JP 2006-078190A中,描述了一种系统,其中在外壁和内壁之间形成的真空室中设置有温度传感器,该温度传感器不接触两个壁中的任何一个。温度传感器可以包裹在多层绝热膜中。使用该系统使得外壁和内壁的温度最初被测量或假定在真空室的完好真空下是固定的,例如,外壁处于室温并且内壁处于-196℃(=氮气的沸腾温度),形成氮气容器,并且其中使用温度传感器测量真空室中的温度,该温度被确定为参考温度。在连续操作中,使用温度传感器实现进一步的温度测量,其中外壁和内壁温度必须保持恒定,其中真空容器中的真空损失(压力增加)通过将参考温度与由温度传感器当前测得的温度进行比较来确定。从该文献的说明书得出的结论是,真空容器中的温度升高被解释为压力增加。可选地,在已知系统中另外提供了用于检测热负荷的异常发生的装置,其中该检测装置不是温度传感器。相反,检测装置可以是用于保持温度恒定的装置,在该装置处检测它是否突然必须使用比正常情况更多的能量来保持由内壁形成的内部空间的温度的恒定。作为这种检测装置的替代的实施方式的例子,应该提到记录从设置在具有液氮的内部容器内的氮气容器蒸发的氮气量。蒸发量的增加被解释为异常。使用该检测装置,使用超导体电缆冷却系统或设置在氮气容器内的装置来监测问题的出现。显然,外部原因引起的异常没有被考虑在内。因此,这种监测系统仅适用于有限的应用,其中可以假设外部温度不会改变并且不会出现外部原因引起的干扰。所公开的有限应用包括液氮容器,其中容纳有固定地设置在室中的实验室装置或超导体电缆冷却系统。然而,已知的监测系统不适用于其中外部温度可能变化或者更一般而言其中环境参数可能正在变化的应用。这样的可能正在变化的环境参数特别存在于车辆中,车辆暴露于变化的温度、可能改变的天气条件和动态机械应力。特别地,已知的系统完全不适合用于监测车辆的液化气罐。

[0012] 本发明通过提供分别具有权利要求1或权利要求13的特征的用于确定双壁真空绝热的容器的绝热质量的装置和方法,克服了现有技术的限制和缺点。

[0013] 根据从属权利要求和后续示例性实施方式的描述,本发明的其他优点和特征将变得显而易见。

[0014] 根据本发明的装置旨在用于确定双壁真空绝热的容器的绝热质量,其中容器具有面向周围环境的外壁以及限定内罐的内壁,在双壁容器的外壁与内壁之间形成有真空室,真空室中设置有至少一个绝热装置。在容器处或容器内设置有至少三个彼此间隔开的温度传感器,它们反复记录容器的瞬时温度,其中温度传感器的位置从外壁、内壁和/或绝热装置处的位置中选择。配备有计算机和存储单元的评估单元接收由温度传感器记录的温度。在评估单元中,存储有基于容器的结构和材料特性以及由此产生的热辐射的优选逐层的热传递模型。评估单元被配置为根据热传递模型至少在某些点计算温度曲线,所述温度曲线包含由温度传感器记录的至少两个温度,根据温度曲线计算温度传感器中的至少一个另外的温度传感器的位置的期望温度值,将期望温度值与由该温度传感器实际记录的实际温度值进行比较,并且在期望温度值与实际温度值之间的偏差超过极限值时,根据偏差检测容

器的绝热质量的变化。容器的热传递模型优选考虑由容器的结构和材料特性引起的热传导。

[0015] 可以通过随后的描述中指出的等式来计算热传递模型。容器的设计(即,容器的材料、其特性、连接点和容器的几何形状)已经预先已知,使得能够预先设定热传递模型,该热传递模型根据其实现方式存储在评估单元的存储器中。替代地,但由于高计算量而不优选,容器的设计数据也可以存储在评估单元中,并且评估单元本身可以根据该设计数据计算热传递模型。热传递模型优选是分层模型。

[0016] 热辐射与温度的四次方(T^4)成比例,而固体热传导和残余气体热传导基本上与温度的一次方(T^1)成比例。

[0017] 各种热传递类型的比例的不同组成的温度曲线/温度对应地显著不同,并且将该效果用于本发明的双壁真空绝热容器的绝热质量的确定。

[0018] 现在参照附图仅通过示例性实施方式更详细地说明本发明。

[0019] 图1以纵向剖视图示意性示出了低温容器,该低温容器具有本发明的用于确定该双壁真空绝热容器的绝热质量的装置。

[0020] 图2至图5显示了温度-路径图,其示出了在完好真空下,低温容器的外壁和内壁的温度对绝热隔板的温度的影响。

[0021] 图6显示了温度-路径图,其在外壁处具有恒定的外部温度并且在低温容器的内壁处具有恒定的内罐温度,其中真空室内的真空压力降低。

[0022] 图7以截面示意性示出了低温容器的另外的实施方式,该低温容器具有本发明的用于确定该双壁真空绝热容器的绝热质量的装置。

[0023] 图1以纵向剖视图示意性示出了根据本发明的低温容器30。低温容器30被构造成双壁容器,其具有限定外部容器的外壁1和由内壁3限定的内罐,内罐设置在外部容器内。外壁和内壁之间的间隙形成真空室5,真空室5在低温容器30的操作开始之前被抽空。内罐被构造为接收液化气体6,并且为此目的具有从内罐的内部空间7穿过真空室5和外壁1的管道8。可以使用填充水平计17测量液化气体6的填充水平16,填充水平计17的信号被提供给下面更详细说明的评估单元18。内罐通过悬架安装在外部容器内,悬架包括第一杆10和与第一杆10相对地设置的第二杆11,第一杆10优选由导热性差的材料制成,刚性地连接外壁1和内壁3,第二杆11固定地安装在内壁3处并且可以在滑动轴承12中轴向移动,滑动轴承12安装在外壁1处。低温容器30的外壁1和内壁3通过该悬架彼此没有任何直接接触。内壁3被设置在真空室5中的至少一个绝热隔板2围绕,其中至少一个绝热隔板2通过由导热性差的材料制成的安装杆9悬挂在外壁1处。作为安装杆9的替代,至少一个绝热隔板2也可以绝热地安装在杆10、11上。温度传感器13安装在绝热隔板2上,温度传感器13反复测量绝热隔板2的温度 T_2 。至少两个另外的温度传感器15、14反复测量外壁1的温度 T_1 (通过温度传感器15)和/或内壁3处的温度 T_3 (通过温度传感器14)和/或至少一个另外的绝热隔板(在该图中没有示出)处的温度。作为一个或多个绝热隔板2的替代,可以设置多层绝热体(MLI)(参见图7),其包括由金属膜(例如铝膜)和绝热材料(例如,纤维材料或泡沫材料)制成的若干复合层。复合层优选围绕内壁同心地设置,或者它们可以被构造成具有若干匝数的线圈。在这样的实施方式中,至少在多层绝热体的一个复合层处设置温度传感器。温度传感器13、14、15的温度信号被提供给评估单元18,评估单元18(如果存在的话)还接收填充水平计17的信号。作

为内壁3处的温度传感器14的补充或替代,也可以在内部空间7中设置压力传感器19,压力传感器19的压力信号被提供给评估单元18。然而,如下面更详细地说明的那样,根据内部空间7中的压力值可以计算内部空间内的液化气体6的温度,并且由此可以得出内壁3的温度。代替外壁1处的温度传感器15,可以将环境温度计(例如,车辆的外部温度计)的温度假设为外壁1的温度。这种环境温度计在车辆中已成为标准配置。然而,应注意的是,根据本发明的方法的准确性被降低。温度传感器13、14、15、填充水平计17和压力传感器19的信号的传输可以在评估单元18处以无线的方式或连线的方式实现。在线路的情况下,例如,可以沿着杆10、安装杆9或管道8实现布线,或者可以在低温容器30内实现专用缆线。

[0024] 绝热隔板或多层绝热体的温度分别取决于:

[0025] -表面(即,外壁的内侧、相应的隔板(外侧和内侧)和内壁的外侧)的散发水平;

[0026] -隔板中突破点或其他开口(阻滞)的数量和大小;

[0027] -通过与结构相关的热桥到隔板/从隔板到相邻部件(例如内壁、外壁、管道等)的固体热传导;

[0028] -通过(意外的,例如由机械影响引起的)热桥到隔板/从隔板到相邻部件的固体热传导;

[0029] -残余气体热传导,其取决于真空压力。

[0030] 根据本发明的装置30的评估单元18被配置为基于热辐射的热传递根据由至少三个彼此间隔开的温度传感器13、14、15中的至少两个提供的温度信号计算温度曲线(包含至少两个温度),并建立该温度曲线与至少确定的第三温度之间的关系,以这种方式得出关于真空室5内的真空压力的结论或可选地分别识别外壁1和/或内壁3的损坏。热辐射与温度的四次方(T^4)成比例,而固体热传导和残余气体热传导与温度的一次方(T^1)成比例。因此基于热辐射的温度曲线分别和基于固体热传导和/或残余气体热传导的温度曲线显著不同。依赖于热辐射的温度曲线具有弯曲曲线,而依赖于固体热传导和残余气体热传导的温度曲线通常遵循直线。

[0031] 在下文中,通过在低温容器30的外壁1、绝热隔板2和内壁3处反复测量的温度来说明如何根据本发明确定将热量引入由内壁3限定的内罐中以及如何可以得出关于真空室5中的真空压力的结论或者如何可以可选地识别外壁1和/或内壁3处的损坏。为了更好地理解,参照图2至图5的温度/路径图中描述的温度曲线,这些温度曲线各自示出了在外壁1、绝热隔板2和内壁3处测得的温度。应该提到的是,下面说明的本发明的测量和评估原理在在另外的绝热隔板处而不是外壁1或内壁3处测得一个温度的情况下同样适用。在评估的准确性方面,可以并且甚至建议使用多于三个温度进行测量。

[0032] 图2至图5的图示出了在真空室5内的完好真空下外壁1和内壁3处的温度对绝热隔板2的温度的影响。图2示出了在恒定的外部温度和变化的内罐温度下的曲线温度。图3示出了在恒定的内罐温度和变化的外部温度下的温度曲线。图4示出了在最高外部温度与最高内罐温度相结合下的温度曲线,反之亦然。图5示出了在最高外部温度与最低内罐温度相结合下的温度曲线,反之亦然。

[0033] 双壁真空绝热低温容器或低温罐的汽车应用中的外部温度预计(被理解为)通常在 -40°C (243K)至 $+65^{\circ}\text{C}$ (338K)之间;通过直接太阳辐射到低温容器上实现高温。内罐温度由储存压力决定,因为低温液体作为沸腾液体储存并且沸腾温度取决于压力,见下表1。

| 液体甲烷 | | |
|------|------|------|
| 压力 | 沸腾温度 | |
| [巴] | [K] | [°C] |
| 0.0 | 112 | -162 |
| 8.0 | 147 | -126 |
| 16.0 | 162 | -111 |

[0034] 表1: 甲烷的沸腾温度, 取决于压力

[0035] 由于低温容器(低温罐)中的储存压力可以根据操作的类型—开口容器、密闭容器而显著变化, 因此可以预期内罐温度的对应变化。在实际操作中, 由于偏离理想的热力学平衡状态, 实际的内罐温度可能根据容器尺寸与理论沸腾温度偏离几开尔文。然而, 通过这种方式, 可评估性在其意义上不会显著降低。

[0036] 图6示出了温度-路径图, 其具有外壁1处的恒定的外部温度和内壁3处的恒定的内罐温度, 其中真空室内的真空压力降低由与通过残余气体热传导(RGL)进行的热传递成比例的因子表示。RGL因子为0.4(测量点描绘为方形□)表示真空室5内的完好的真空度, 其中通过残余气体热传导进行的热传递低至可忽略。RGL因子为3.6(测量点描绘为圆圈○)表示真空室5内的降低真空度, RGL因子为15(测量点描绘为三角形▲)表示显著降低的真空度。

[0037] 图6示出了通过残余气体热传导增加热传递(除了通过现有的辐射热传递之外)的影响(即使在比例增加的情况下传递方式改变, 对流达到最大)。在RGL因子为0.4的148K到RGL因子为15的220K的降低的真空的情况下, 隔板温度降低(!)。在恒定的环境条件下, 也可以在具有良好的信号质量的隔板温度下发现真空压力的变化。与已经直观预期的情况和本领域技术人员关于公开的现有技术的观点相反, 隔板温度不会随着真空质量的劣化而增加, 而是会降低(!), 甚至是显著降低。其原因是不同种类的热传递与温度(差异)的不同比例。隔板温度设定在从外壁1到隔板2的热流 Q_{12} 等于从隔板2到内壁3的热流 Q_{23} 的温度, 这需要连续性。纯热辐射遵循温度的四次方的差异, 而残余气体热传导或热传导将分别遵循温度的差异(一次方, 线性的)。在明显占主导的热辐射的情况下, 外壁1和隔板2之间的温差明显小于隔板2和内罐3之间的温差。

[0038] 如果不增加线性成分(残余气体热传导、热传导), 则极端情况下的隔板温度将降低到外部温度和内罐温度的算术平均值。

[0039] 只有在给予从外壁到隔板的额外热流的情况下才能增加隔板温度, 例如, 通过外壁上的贴边增加这种物理接触时。连续性要求额外的热量从外部传递到内罐, 其中不会发生辐射成分和可选的其他热流(例如, 任何现有的隔板悬架等)的任何变化。由于这个原因, 温差必须增大, 这也是隔板温度必须增加的原因(然而, 内罐温度由储存的气体的压力相关的沸点决定)。

[0040] 由于外壁和内罐的温度可能存在的大范围, 因此不可能仅基于隔板温度检测到真空或绝热质量的劣化。只有借助计算值或近似值(包括主要的热传递速率)才能解释所测量的温度。

[0042] 根据上述发现和对它们之间关系的认识,现在可以分别检测不同的损坏情况或进行额外的合理性检查。

[0043] 测量温度的评估还提供了关于真空压力的结论。根据不同真空压力下的测量结果可知,隔板温度随真空压力而变。同时,借助于物理和热力学关系的理论描述,可以在不同的真空压力下计算隔板温度。从测量结果和计算值的比较中,可以可选地使用甚至比基于文献值的可能的准确度更高的准确度来确定所需的参数。以这种方式,在对所有合理性检查的积极评价的假设下,基于隔板温度可以得出关于真空压力的结论。上面给出的说明在下面使用物理公式表示:

[0044] 外壁1→ Q_{12} →隔板2→ Q_{23} →内壁3

[0045] $Q_{12} = Q_{\text{辐射}12} + Q_{\text{热传导}12} + Q_{\text{残余气体热传导}12}$

[0046] $Q_{23} = Q_{\text{辐射}23} + Q_{\text{热传导}23} + Q_{\text{残余气体热传导}23}$

[0047] $Q_{12} = Q_{23}$

[0048] $Q_{\text{辐射}12} = f(T_1^4, T_2^4, \varepsilon_1, \varepsilon_2, A_1, A_2, \sigma)$

[0049] $Q_{\text{热传导}12} = f(T_1^1, T_2^1, \lambda_{12}, L_{12}, A_{12}) \dots$ (傅立叶定律)

[0050] $Q_{\text{残余气体热传导}}$ 与 $f(p_{\text{RGL}}, T, \dots)$ 成比例

[0051] (上述等式类似地适用于 $Q_{23} = Q_{\text{辐射}23} + Q_{\text{热传导}23} + Q_{\text{残余气体热传导}23}$)

[0052] 其中:

[0053] $Q \dots$ 热流 (Q_{12} : 从外壁到隔板, Q_{23} : 从隔板到内壁)

[0054] $T \dots$ 温度 (外壁1处为 T_1 , 隔板处为 T_2 , 内壁处为 T_3)

[0055] $\varepsilon \dots$ 散发水平 (外壁1处为 ε_1 , 隔板2处为 ε_2)

[0056] $\sigma \dots$ 玻尔兹曼常数

[0057] $A \dots$ 表面积 (外壁为 A_1 , 隔板2为 A_2)

[0058] $\lambda_{12} \dots$ 悬架的导热系数

[0059] $L_{12} \dots$ 1/与热传导有关的悬架长度

[0060] $p_{\text{RGL}} \dots$ 真空压力

[0061] 该等式系统可以分别根据温度或真空压力的指示求解。应注意的是,在真空压力高于约 10^{-4} 毫巴和更小的情况下,由残余气体热传导传递的热量部分低至可忽略,即,绝热系统已达到其期望的性能。这也意味着在等于或小于该阈值的真空压力下的隔板温度 T_2 将不再改变。然而,如果真空压力增加使得通过残余气体热传导出现技术上相关的热流,则这可以使用降低的 (!) 隔板温度来检测。隔板温度与相关范围内的真空压力成比例。因此,在该范围内,也可以通过隔板温度得出关于真空压力的结论。

[0062] 同样可以分别使用多个隔板或多层绝热体 (MLI) 或隔板和多层绝热体的组合进行评估。在这方面,三个测量温度通常是足够的,其中在任何情况下都不需要外部容器温度。例如,测量两个隔板和内罐的温度就足够了,因为可以从热流的组成和连续性方程中得出关于符合合理极限值的充分结论。只要热辐射作为传递机制的一种形式是主要的,如在真空绝热功能正常的情况下一样,测得的温度也会在特征曲线上找到 (即使真空中没有连续的温度曲线,但是存在由真空环绕的结构的不连续点,并因此是“无温度的”)。由于真空中的这个温度曲线由不连续的温度点组成,因此由直线段求出特征温度曲线是可接受的近似法,直线段各自连接相邻不连续的直线段的温度,其中可以根据角度 α 确定主要的热传递是

否是具有四次方的温度曲线的热辐射并因此确定真空压力是否足够低,或者确定线性的热传导机制是否起到不希望的重要作用,从而表明低温容器的缺陷。根据角度 α 的变化速度,成比例地给出该不连续的点处的温度变化的速度,由此可以得出关于变化原因的结论。

[0063] 然而,借助于上面的方程组的评估还可以包括固定的热传导路径,即,例如,通过隔板的悬架系统流入隔板中的热传导。以这种方式,热传导或“完成的结构”分别可以结合在期望的状态评估中。同时,这又提供了识别偏差的可能性。例如,如果隔板温度升高,那么这可能仅由从外壁到隔板的额外(意外)的热流引起。然而,真空压力的增加可能同时影响两侧(内侧和外侧)的热流。

[0064] 以这种方式,该装置还适合于(可选地结合下面进一步提到的合理性检查)借助于其他参数来检测低温罐或绝热系统的机械结构的重大机械损坏。

[0065] 替代测量内罐温度,可以测量和评估内罐压力:如上所述,其中储存的气体(物质)的沸腾温度将根据内罐内的储存压力而改变。对于低温罐,将会根据罐的尺寸(一般从几升到几千立方米)在罐的一侧出现与热力学平衡状态的偏离,即它可能是液相“过冷”,即,基于所测得的压力确定的温度高于实际温度几开尔文。

[0066] 在罐填充过程中,通过泵产生压力,这就是为什么在这种过渡状态下压力和温度彼此分离的原因。这样的过程可以在评估壁温和隔板温度时通过结合例如填充水平信号来识别和正确地解释。

[0067] 在取出期间(也可选地是填充),通过管道和绝热体/隔板之间的无意或结构上构造的接触,隔板温度可能显著偏离针对空闲状态所预期的温度。通过识别相应的状态,可以进一步正确地解释壁温和隔板温度。

[0068] 通过测得的温度变化率,可以将损坏的情况与完好的功能区分开。例如,与由于例如停放的车辆在变化的环境/天气条件下导致容器内的压力缓慢增加的情况下的温度变化相比,真空的中断将导致非常快速的温度变化。因此,相应条件的变化率的比较也用于正确地解释壁温和隔板温度。

[0069] 图7以剖视图示意性示出了根据本发明的低温容器40的第二实施方式。类似于图2中所示的实施方式,低温容器40的实施方式也被解释为具有限定外部容器的外壁1和由内壁3限定的内罐的双壁容器,内罐设置在外部容器内。外壁和内壁之间的间隙形成真空室5,其在低温容器40的操作开始之前被抽空。内罐被构造为接收液化气体6。液化气体6的填充水平16可以是使用填充水平计17测量,填充水平计17的信号被提供给评估单元18。出于清楚性的原因,内罐在外部容器处的悬架被省略,该悬架与第一实施方式的相对应。内壁3由多层绝热体(MLI) 20形式的绝热装置环绕,该多层绝热体包括由金属膜22(例如铝膜)和绝热材料(例如,纤维材料或泡沫材料) 23制成的多个复合层21。复合层21围绕内壁3同心地设置。替代地,复合层21可以被构造成具有若干匝数的线圈。多层绝热体20的悬架可以被构造成与第一实施方式的隔板的悬架一样。

[0070] 在该实施方式中,在若干复合层21处设置有温度传感器13a、13b(温度传感器的数量不限于两个),它们反复测量多层绝热体20的彼此间隔开的点的温度 T_{2A} 、 T_{2B} 。两个另外的温度传感器15、14反复测量外壁1的温度 T_1 (借助于温度传感器15)和/或内壁3处的温度 T_3 (借助于温度传感器14)。温度传感器13a、13b、14、15的温度信号被提供给评估单元18,评估单元18还接收填充水平计17的填充水平信号 f 。作为内壁3处的温度传感器14的补充或替

代,也可以在内部空间7中设置压力传感器19,压力传感器的压力信号被提供给评估单元18。代替外壁1处的温度传感器15,环境温度计的温度(例如,车辆中的外部温度计)可以近似地假设为外壁1的温度。如上所述,实现温度信号、压力信号和填充水平计的信号的评估。

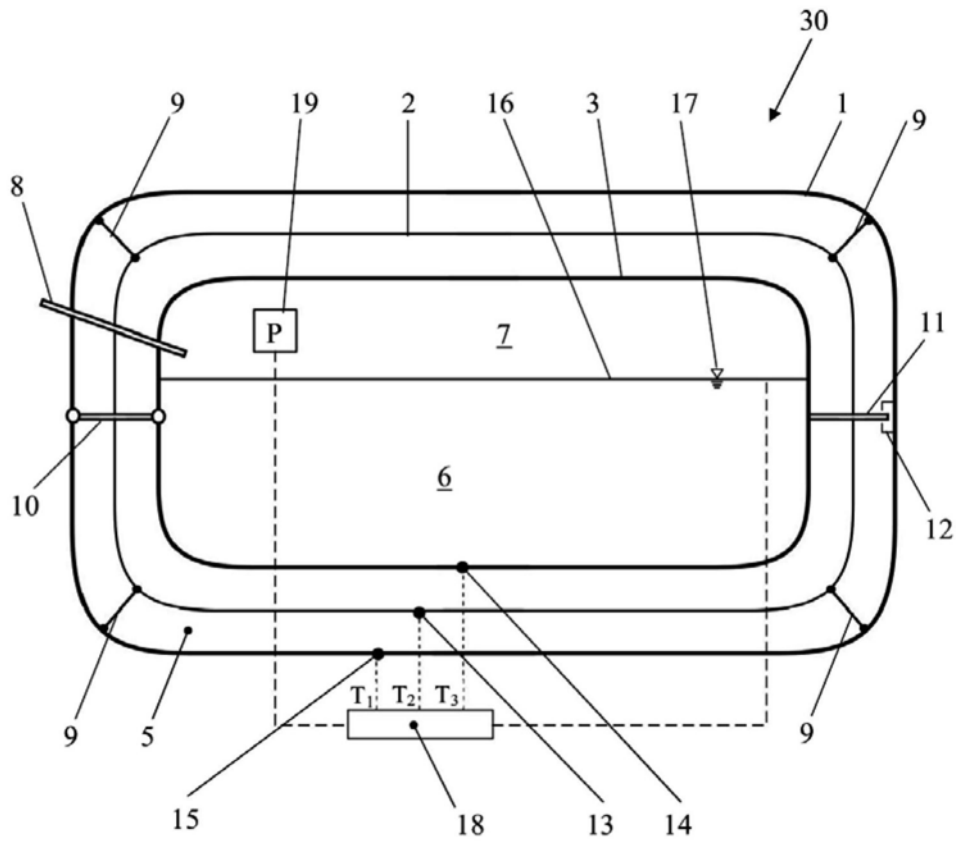


图1

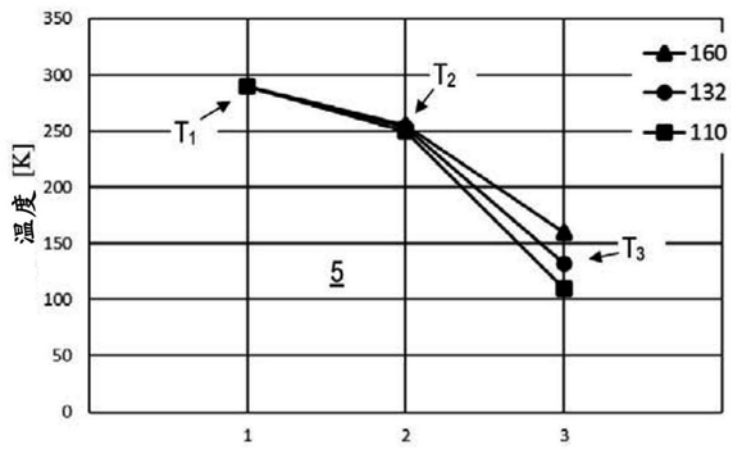


图2

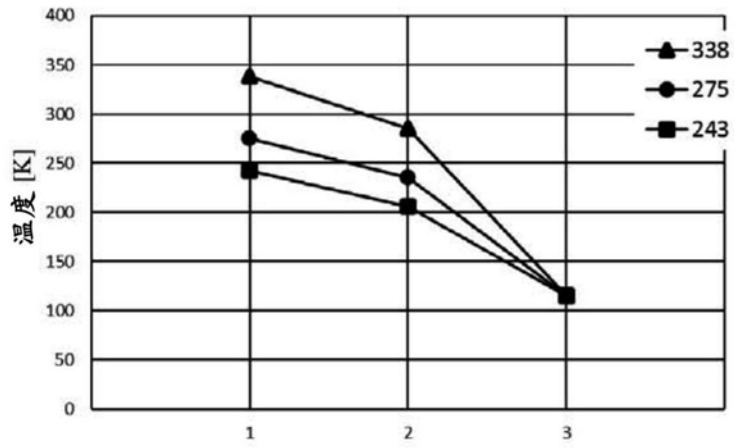


图3

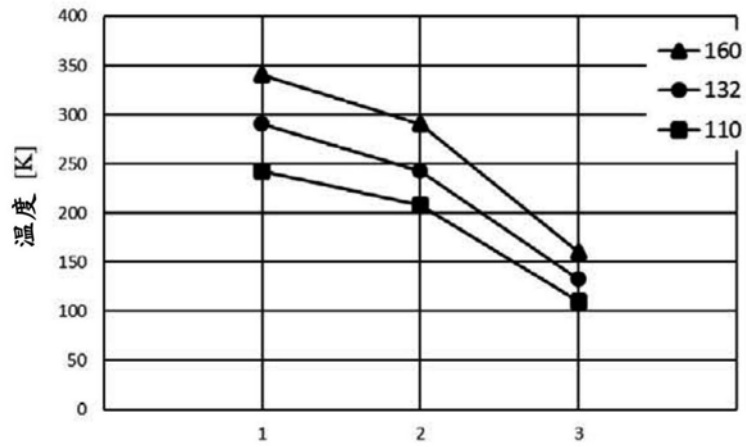


图4

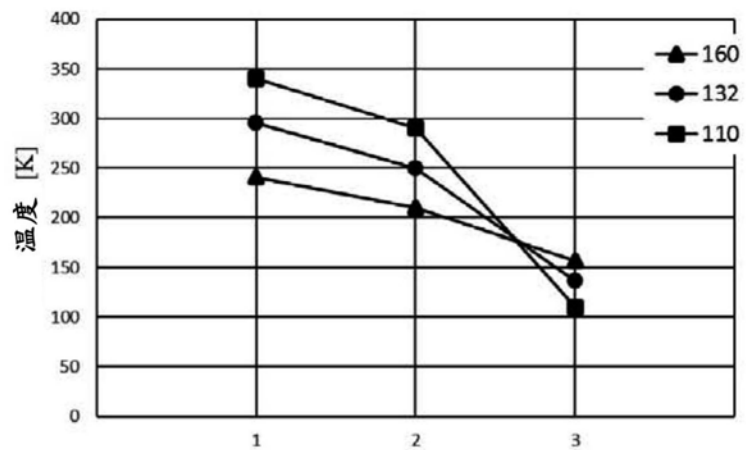


图5

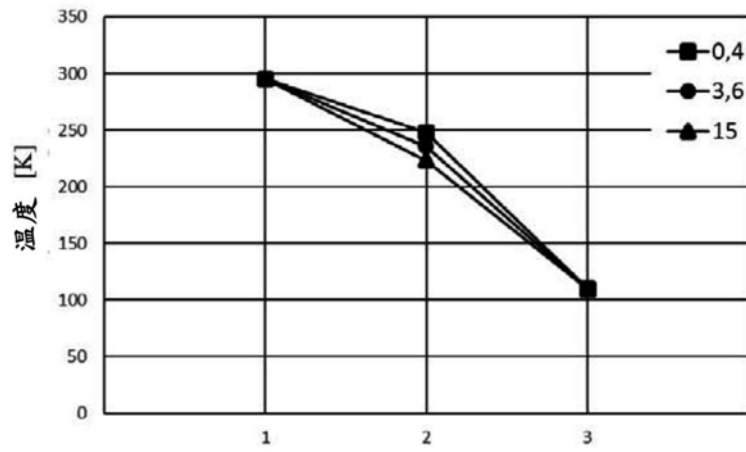


图6

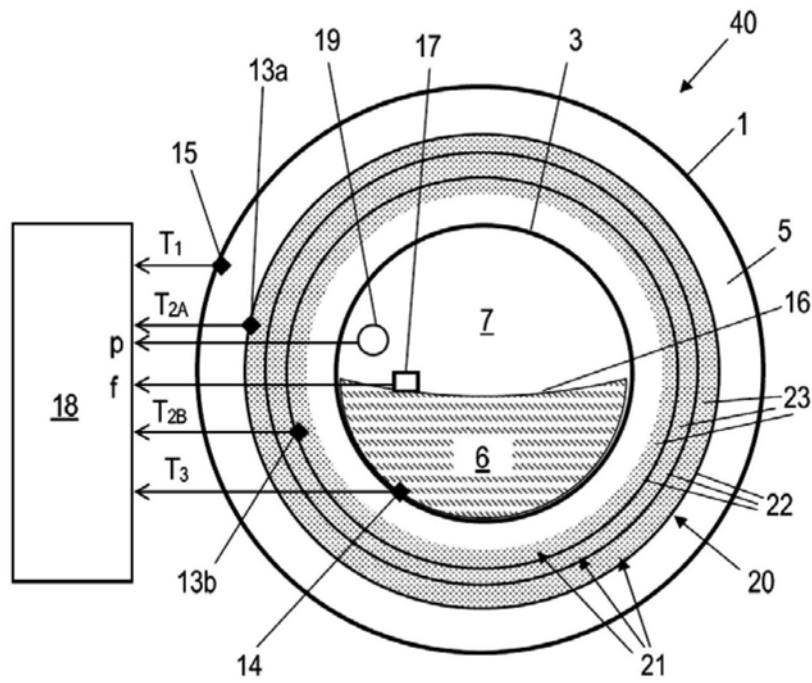


图7