



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107035676 B

(45)授权公告日 2019.08.13

(21)申请号 201710384537.6

F04B 37/08(2006.01)

(22)申请日 2017.05.26

审查员 翟丽娜

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107035676 A

(43)申请公布日 2017.08.11

(73)专利权人 南京工业大学

地址 211800 江苏省南京市浦口区浦珠南路30号

(72)发明人 邵春雷 李重庆 周剑锋 顾伯勤

程文洁 王宜

(74)专利代理机构 南京汇盛专利商标事务所

(普通合伙) 32238

代理人 张立荣

(51)Int.Cl.

F04B 51/00(2006.01)

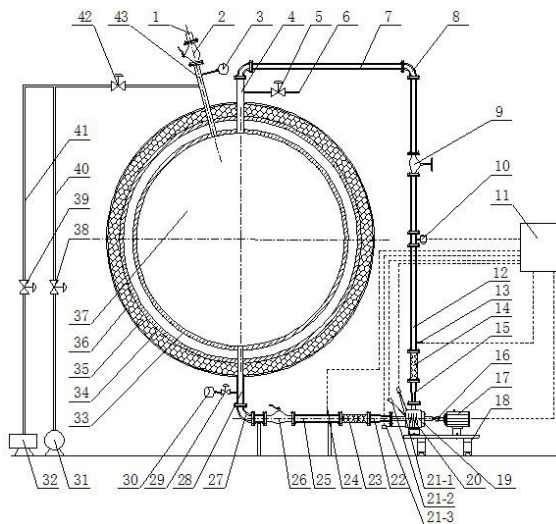
权利要求书3页 说明书10页 附图1页

(54)发明名称

介质相变诱因可控的低温泵外特性试验装置及试验方法

(57)摘要

本发明提供一种介质相变诱因可控的低温泵外特性试验装置及试验方法。在该装置中,动力系统为低温泵的稳定运行提供动力;管路系统构成一个低温液体循环回路;保温调温系统保证整个装置中的低温介质不因从外界吸热而发生汽化,并用于调节低温泵蜗壳壁面的温度;罐内压力控制系统用于控制低温罐内的压力,从而控制汽化发生的位置;数据采集分析系统用于电信号和图像信号的采集以及数据分析。通过控制罐内压力、低温泵流量、蜗壳壁面温度实现不同诱因下的相变,根据高速相机拍摄到的图像判断相变发生位置,从而开展无相变、泵内压降导致相变、水力损失导致相变、外界传热导致相变四种情况下的低温泵外特性试验。



CN 107035676 B

1. 一种介质相变诱因可控的低温泵外特性试验装置,其特征是:该装置包括动力系统、管路系统、调温保温系统、罐内压力控制系统和数据采集分析系统;

所述调温保温系统主要包括低温罐保温层(35)、低温罐内壁和外壁之间的真空层、管路系统中管路外周的保温层、夹套管内的真空层及低温泵泵壳外的电加热带;

所述数据采集分析系统包括计算机单元和分别与计算机单元连接的靶式流量计、泵进口压力传感器、泵出口压力传感器、转速传感器、高速摄像机;

所述罐内压力控制系统主要包括低温罐底部的压力表(30)、低温罐顶部的压力真空表(3)、真空泵(31)和增压泵(32)以及与它们相连接的阀门和管道,低温罐底部的压力表(30)通过隔断球阀(29)与低温罐底部接管相连接,低温罐顶部的压力真空表(3)安装在进液管上;真空泵(31)通过减压调压阀(38)、吸气管(40)和隔断气阀(42)与进液管(43)相连接;增压泵(32)通过增压调压阀(39)、充气管(41)和隔断气阀(42)与进液管(43)相连接。

2. 根据权利要求1所述的介质相变诱因可控的低温泵外特性试验装置,其特征是:所述的低温罐采用球形结构,在低温罐的正下方设有底部接管,在低温罐正上方设有顶部接管,在低温罐的上方的进液管与正上方接管的夹角为 15° ;低温泵布置位置低于低温罐内液面位置。

3. 根据权利要求1所述的介质相变诱因可控的低温泵外特性试验装置,其特征是:所述管路系统中的低温泵进口管路水平布置,泵进口前留有不小于20倍管径的直管段,低温泵出口管路竖直布置,其中在靶式流量计前留有不小于20倍管径的直管段,靶式流量计后留有不小于5倍管径的直管段。

4. 根据权利要求3所述的介质相变诱因可控的低温泵外特性试验装置,其特征是:所述低温泵的外壳上至少对应蜗壳壁面、叶轮进口处、叶轮出口处分别设置第一、第二、第三内窥测量孔,每个内窥镜从低温泵上开设的各内窥测量孔伸入低温泵内,各内窥镜对应连接第一、第二、第三高速摄像机,各高速摄像机的输出端口分别与计算机单元相连接。

5. 根据权利要求3所述的介质相变诱因可控的低温泵外特性试验装置,其特征是:所述的靶式流量计(10)设于泵出口直管段(12)上,泵进口压力传感器(24)设于泵进口直管段(25)上靠近泵进口端,泵出口压力传感器(13)设于泵出口直管段(12)上靠近泵出口端,转速传感器设于电机上,流量计和传感器分别与计算机单元相连接。

6. 基于权利要求4所述的试验装置的低温泵外特性测试方法,该低温泵外特性测试分无相变、泵内压降导致相变、水力损失导致相变、外界传热导致相变四种情况的测试,各相变情况下的步骤分别如下:

步骤1:加注液氮

步骤2:预冷管路

步骤3:试验工况预调

3.1) 打开数据采集分析系统中的所有传感器和内窥高速摄像机,确保所有传感器上的信号能正确传输至计算机单元(11);

3.2) 关闭管路系统的调节阀(9),启动电机(17)开启低温泵(19);

3.3) 调节电机(17)的转速至试验所需转速;

3.4) 观察管路系统中靶式流量计(10)所测流量,缓慢开启调节阀(9),将流量调节至试验所需流量;

3.5) 观察各内窥高速摄像机所测泵内流动,控制泵内无相变;若在叶轮进口处出现相变现象,则关闭进液管的进液阀(2)、减压调压阀(38),打开隔断气阀(42)、增压调压阀(39),打开增压泵(32)给低温罐(37)内增压;观察压力真空表(3)的读数变化,确保低温罐(37)内压力不超过设计压力;观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动,直至叶轮进口处无相变现象;增压前必须关闭隔断球阀(29),避免压力过高超过压力表(30)的量程;

步骤4:上述步骤后,分别进行下述四种情况的测试

第一,无相变情况的低温泵外特性试验

1) 在泵内无相变的情况下,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性;

第二,泵内压降导致相变情况下的低温泵外特性试验

1) 观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动;

2) 关闭进液管上进液阀(2)和增压调压阀(39),打开隔断气阀(42)和减压调压阀(38),启动真空泵(31)给低温罐(37)内减压;观察压力真空表(3)的读数变化,观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动,让叶轮进口发生相变;

3) 若在不减压情况下叶轮进口即发生相变,则采取与步骤3.5)相同的方法,控制低温罐(37)内压力以达到控制叶轮进口相变的目的;

4) 在叶轮进口处发生相变的情况下,保持低温罐内压力不变,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性;

第三,水力损失导致相变情况下的低温泵外特性试验

1) 关小管路系统的调节阀(9)减小低温泵(19)的流量;观察第三内窥高速摄像机(21-3)所测泵内流动,此时,泵内水力损失增大,损失的能量使得叶轮出口附近液氮温度升高而发生相变;

2) 观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动,确保此流量工况下叶轮进口处无相变现象;若叶轮进口处存在相变现象,可采取与步骤3.5)相同的方法,进行压力控制;

3) 在水力损失导致叶轮出口附近发生相变的情况下,保持低温泵流量和低温罐压力恒定,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性;

第四,外界传热导致相变情况下的低温泵外特性试验

1) 观察第二内窥高速摄像机(21-2)和第三内窥高速摄像机(21-3)所测泵内流动,确保叶轮进口和叶轮出口附近无相变现象发生,即无泵内压降和水力损失导致的相变;

2) 给电加热带(20)通电,对低温泵(19)的蜗壳外壁进行加热,模拟隔热效果不佳与外界传热的情况;

3) 观察第一内窥高速摄像机(21-1)所测泵内流动,加热至低温泵蜗壳内壁出现相变;若叶轮进口存在相变现象,可采取与步骤3.5)相同的方法,进行压力控制,以消除叶轮进口处相变;

4) 保持低温泵流量、低温罐内压力以及电加热带加热温度恒定,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性;

步骤5:结束试验。

7. 根据权利要求6所述低温泵外特性测试方法,该方法步骤1中,加注液氮具体过程如

下:

1.1) 关闭球阀(26)和隔断气阀(42),打开隔断球阀(29)、排气阀(5)和进液阀(2);

1.2) 从进液口(1)经进液阀(2)和进液管(43)向低温罐(37)内先缓慢注入液氮,液氮汽化后的氮气经低温罐顶部接管(4)和排气阀(5)从排气口(6)排出;

1.3) 待排气口(6)无氮气排出后,增大液氮加注流量;

1.4) 加注过程中,观察压力表(30)上的读数变化,直至低温罐(37)内液氮液位达到2/3球罐高度;

1.5) 停止液氮加注,液氮加注管从进液口(1)移除,关闭排气阀(5)。

8. 根据权利要求6所述低温泵外特性测试方法,该方法步骤2中预冷管路具体过程如下:

2.1) 打开调节阀(9),缓慢打开球阀(26),预冷管路和低温泵;液氮汽化后的氮气经低温泵进口管路、低温泵(19)、低温泵出口管路、低温罐顶部接管(4)、进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出;

2.2) 全开球阀(26),关闭调节阀(9);

2.3) 手动盘转联轴器(16),确保泵轴没被卡死;

2.4) 启动电机(17);

2.5) 缓慢打开调节阀(9),对管路进一步预冷;液氮汽化后的氮气经弯管(8)、夹套管(7)、低温罐顶部接管(4)、进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出;

2.6) 待整个管路预冷完成后,关闭低温泵(19);

2.7) 检查压力表(30)的读数,确保低温罐(37)内液位不低于球罐高度的3/5;

2.8) 若低温罐(37)内液位偏低,打开排气阀(5),再次从进液口(1)加注液氮,加注完成后,液氮加注管从进液口(1)移除,关闭排气阀(5)。

9. 根据权利要求6所述低温泵外特性测试方法,该方法步骤5中结束试验具体过程如下:

5.1) 关闭电机(17),使得低温泵(19)停止运行;

5.2) 打开进液阀(2)、排气阀(5)、调节阀(9)、隔断球阀(29),关闭球阀(26)、隔断气阀(42);若长时间不进行试验,管路中的液氮汽化后,经弯管(8)、夹套管(7)、低温罐顶部接管(4)、进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出,或经弯管(8)、夹套管(7)、低温罐顶部接管(4)、排气阀(5)从排气口(6)排出;低温罐(37)中的液氮汽化后,经进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出,或经低温罐顶部接管(4)、排气阀(5)从排气口(6)排出;

5.3) 关闭数据采集分析系统中的所有传感器和内窥高速摄像机,整理试验现场。

介质相变诱因可控的低温泵外特性试验装置及试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种低温泵外特性试验装置及试验方法,该装置主要用于不同相变诱因下的低温泵的外特性和内部流动的测量。

背景技术

[0002] 低温泵是专门用来输送低温液体的泵。由于低温泵结构复杂,且输送的介质容易汽化,低温泵中介质的运动十分复杂,目前泵的设计仍然是靠经验,或者半经验半理论的方式来完成的,这些理论和经验都是来源于科学试验和生产实践。因此,低温泵的试验对于泵的设计、生产和使用都具有重要的意义。低温泵的性能试验不仅可以为产品的改进和投产提供可靠的技术依据,还对低温泵基础理论的研究和发展、低温泵性能的改进、低温泵设计方法的创新等有着极其重要的作用。

[0003] 低温泵输送的液态气体比常见的水更容易发生相变,低温泵内液态气体产生相变的诱因可分为三类:泵内压降导致相变、水力损失导致相变、外界传热导致相变。

[0004] (1) 泵内压降导致相变。由离心式低温泵的工作原理可知,叶轮进口处的压力最低,如果该处的压力降低到液态气体的饱和压力之下时,在叶轮进口处液态气体将发生相变,即产生所谓的汽蚀现象,从而影响了低温泵的水力性能。因此,探索低温泵内压降导致相变,对低温泵抗汽蚀性能的提高具有指导意义。

[0005] (2) 水力损失导致相变。众所周知,泵所消耗的能量中,水力损失的大部分变成了热,使得介质温度上升,尤其在小流量工况下,泵的效率变低,介质的温度上升增大,从而使叶轮出口附近液态气体发生相变,这就限制了低温泵在小流量工况下运行。因此,研究设计工况运行效率高且高效运行范围宽的低温泵,对提高低温泵变流量工况运行的能力是十分必要的。

[0006] (3) 外界传热导致相变。由于外部热量传入或泵内零部件摩擦生热会使泵内局部液态气体汽化,当产生气体较多时,会引起泵的性能下降甚至不能正常运行。例如:泵壳保冷不当,泵内液态气体会在蜗壳内壁面发生相变,尤其在泵启动时预冷不充分的情况下会出现这种现象。因此,研究低温泵的外界传热升温汽化,对提高低温泵抗外界环境温度干扰的能力具有重要意义。

[0007] 在不同运行工况下,上述三种相变现象在低温泵内均可能发生,不同程度地影响低温泵的外特性。

发明内容

[0008] 为了填补低温泵输送低温液体时不同相变诱因下的外特性测量装置的空白,本发明提供一种介质相变诱因可控的低温泵外特性试验装置。该装置根据内窥高速摄像系统观察到的相变情况,控制不同的相变诱因,从而测量不同相变诱因下的低温泵外特性。

[0009] 本发明另一目的是提供一种低温泵外特性测试方法。

[0010] 本发明所采用的技术方案如下:

[0011] 一种介质相变诱因可控的低温泵外特性试验装置,其特征是:该装置包括动力系统、管路系统、调温保温系统、罐内压力控制系统和数据采集分析系统;

[0012] 所述保温调温系统主要包括低温罐保温层(35)、低温罐内壁和外壁之间的真空层、管路系统中管路外周的保温层、夹套管内的真空层及低温泵泵壳外的电加热带;

[0013] 所述数据采集分析系统包括计算机单元和分别与计算机单元连接的靶式流量计、泵进口压力传感器、泵出口压力传感器、转速传感器、内窥高速摄像机;

[0014] 所述罐内压力控制系统主要包括低温罐底部的压力表(30)、低温罐顶部的压力真空表(3)、真空泵(31)和增压泵(32)以及与它们相连接的阀门和管道,低温罐底部的压力表(30)通过隔断球阀(29)与低温罐底部接管相连接,低温罐顶部的压力真空表(3)安装在进液管上;真空泵(31)通过减压调压阀(38)、吸气管(40)和隔断气阀(42)与进液管(43)相连接;增压泵(32)通过增压调压阀(39)、充气管(41)和隔断气阀(42)与进液管(43)相连接。

[0015] 本发明装置的进一步设计在于:

[0016] 所述的低温罐采用球形结构,在低温罐的正下方设有底部接管,在低温罐正上方设有顶部接管,在低温罐的上方的进液管与正上方接管的夹角为 15° ;低温泵布置位置低于低温罐内液面位置。

[0017] 所述管路系统中的低温泵进口管路水平布置,泵进口前留有不小于20倍管径的直管段,低温泵出口管路竖直布置,其中在靶式流量计前留有不小于20倍管径的直管段,靶式流量计后留有不小于5倍管径的直管段。

[0018] 所述低温泵的外壳上至少对应蜗壳壁面、叶轮进口处、叶轮出口处分别设置第一、第二、第三内窥测量孔,每个内窥镜从低温泵上开设的各内窥测量孔伸入低温泵内,各内窥镜对应连接第一、第二、第三高速摄像机,各高速摄像机的输出端口分别与计算机单元相连接。

[0019] 所述的靶式流量(10)计设于泵出口直管段(12)上,泵进口压力传感器(24)设于泵进口直管段(25)上靠近泵进口端,泵出口压力传感器(13)设于泵出口直管段(12)上靠近泵出口端,转速传感器设于所述电机上,流量计和传感器分别与计算机单元相连接。

[0020] 基于上述的试验装置的低温泵外特性测试方法,该低温泵外特性测试分无相变、泵内压降导致相变、水力损失导致相变、外界传热导致相变四种情况的测试,各相变情况下的步骤分别如下:

[0021] 步骤1:加注液氮

[0022] 步骤2:预冷管路

[0023] 步骤3:试验工况预调

[0024] 3.1) 打开数据采集分析系统中的所有传感器和内窥高速摄像机,确保所有传感器上的信号能正确传输至计算机单元(11);

[0025] 3.2) 关闭管路系统的调节阀(9),启动电机(17)开启低温泵(19);

[0026] 3.3) 调节电机(17)的转速至试验所需转速;

[0027] 3.4) 观察管路系统中靶式流量计(10)所测流量,缓慢开启调节阀(9),将流量调节至试验所需流量;

[0028] 3.5) 观察各内窥高速摄像机所测泵内流动,控制泵内无相变;若在叶轮进口处出现相变现象,则关闭进液管的进液阀(2)、减压调压阀(38),打开隔断气阀(42)、增压调压阀

(39),打开增压泵(32)给低温罐(37)内增压;观察压力真空表(3)的读数变化,确保低温罐(37)内压力不超过设计压力;观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动,直至叶轮进口处无相变现象;增压前必须关闭隔断球阀(29),避免压力过高超过压力表(30)的量程;

[0029] 步骤4:上述步骤后,分别进行下述四种情况的测试

[0030] 第一,无相变情况的低温泵外特性试验

[0031] 1)在泵内无相变的情况下,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性;

[0032] 第二,泵内压降导致相变情况下的低温泵外特性试验

[0033] 1)观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动;

[0034] 2)关闭进液管上进液阀(2)和增压调压阀(39),打开隔断气阀(42)和减压调压阀(38),启动真空泵(31)给低温罐(37)内减压;观察压力真空表(3)的读数变化,观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动,让叶轮进口发生相变;

[0035] 3)若在不减压情况下叶轮进口即发生相变,则采取与步骤3.5)相同的方法,控制低温罐(37)内压力以达到控制叶轮进口相变的目的;

[0036] 4)在叶轮进口处发生相变的情况下,保持低温罐内压力不变,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性;

[0037] 第三,水力损失导致相变情况下的低温泵外特性试验

[0038] 1)关小管路系统的调节阀(9)减小低温泵(19)的流量;观察第三内窥高速摄像机(21-3)所测泵内流动,此时,泵内水力损失增大,损失的能量使得叶轮出口附近液氮温度升高而发生相变;

[0039] 2)观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动,确保此流量工况下叶轮进口处无相变现象;若叶轮进口处存在相变现象,可采取与步骤3.5)相同的方法,进行压力控制;

[0040] 3)在水力损失导致叶轮出口附近发生相变的情况下,保持低温泵流量和低温罐压力恒定,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性;

[0041] 第四,外界传热导致相变情况下的低温泵外特性试验

[0042] 1)观察第二内窥高速摄像机(21-2)和第三内窥高速摄像机(21-3)所测泵内流动,确保叶轮进口和叶轮出口附近无相变现象发生,即无泵内压降和水力损失导致的相变;

[0043] 2)给电加热带(20)通电,对低温泵(19)的蜗壳外壁进行加热,模拟隔热效果不佳与外界传热的情况;

[0044] 3)观察第一内窥高速摄像机(21-1)所测泵内流动,加热至低温泵蜗壳内壁出现相变;若叶轮进口存在相变现象,可采取与步骤3.5)相同的方法,进行压力控制,以消除叶轮进口处相变;

[0045] 4)保持低温泵流量、低温罐内压力以及电加热带加热温度恒定,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性;

[0046] 步骤5:结束试验。

[0047] 本发明方法的进一步设计在于:

[0048] 该方法步骤1中,加注液氮具体过程如下:

[0049] 1.1)关闭球阀(26)和隔断气阀(42),打开隔断球阀(29)、排气阀(5)和进液阀(2);

[0050] 1.2) 从进液口(1)经进液阀(2)和进液管(43)向低温罐(37)内先缓慢注入液氮,液氮汽化后的氮气经低温罐顶部接管(4)和排气阀(5)从排气口(6)排出;

[0051] 1.3) 待排气口(6)无氮气排出后,增大液氮加注流量;

[0052] 1.4) 加注过程中,观察压力表(30)上的读数变化,直至低温罐(37)内液氮液位达到2/3球罐高度;

[0053] 1.5) 停止液氮加注,液氮加注管从进液口(1)移除,关闭排气阀(5)。

[0054] 该方法步骤2中预冷管路具体过程如下:

[0055] 2.1) 打开调节阀(9),缓慢打开球阀(26),预冷管路和低温泵;液氮汽化后的氮气经低温泵进口管路、低温泵(19)、低温泵出口管路、低温罐顶部接管(4)、进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出;

[0056] 2.2) 全开球阀(26),关闭调节阀(9);

[0057] 2.3) 手动盘转联轴器(16),确保泵轴没被卡死;

[0058] 2.4) 启动电机(17);

[0059] 2.5) 缓慢打开调节阀(9),对管路进一步预冷;液氮汽化后的氮气经弯管(8)、夹套管(7)、低温罐顶部接管(4)、进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出;

[0060] 2.6) 待整个管路预冷完成后,关闭低温泵(19);

[0061] 2.7) 检查压力表(30)的读数,确保低温罐(37)内液位不低于球罐高度的3/5;

[0062] 2.8) 若低温罐(37)内液位偏低,打开排气阀(5),再次从进液口(1)加注液氮,加注完成后,液氮加注管从进液口(1)移除,关闭排气阀(5)。

[0063] 该方法步骤5中结束试验具体过程如下:

[0064] 5.1) 关闭电机(17),使得低温泵(19)停止运行;

[0065] 5.2) 打开进液阀(2)、排气阀(5)、调节阀(9)、隔断球阀(29),关闭球阀(26)、隔断气阀(42);若长时间不进行试验,管路中的液氮汽化后,经弯管(8)、夹套管(7)、低温罐顶部接管(4)、进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出,或经弯管(8)、夹套管(7)、低温罐顶部接管(4)、排气阀(5)从排气口(6)排出;低温罐(37)中的液氮汽化后,经进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出,或经低温罐顶部接管(4)、排气阀(5)从排气口(6)排出;

[0066] 5.3) 关闭数据采集分析系统中的所有传感器和内窥高速摄像机,整理试验现场。

[0067] 以下对本发明的上述结构进行说明如下:

[0068] 动力系统:为低温泵的稳定运行提供动力。

[0069] 通过螺栓将电机和低温泵固定在机架上,电机与低温泵之间采用联轴器进行连接。电机上安装有磁电式转速传感器,测量低温泵的转速。电机为低温泵的运行提供动力,通过变频器实现转速的调节,以开展不同转速下泵性能的研究。

[0070] 管路系统:构成一个低温液体循环回路,保证该装置具有高的测量精度和安全运行。

[0071] 低温泵的进出口与变径管相连,用于不同尺寸管路的连接,变径管后安装一段软管,以补偿安装误差以及抵消管路产生的热应力。

[0072] 低温泵进口前留有不小于20倍管径的直管段,保证泵入口来流均匀分布。

[0073] 靶式流量计前留有不小于20倍管径的直管段,靶式流量计后留有不小于5倍管径的直管段,保证流量测量的精度。

[0074] 低温泵的安装位置低于低温罐内液面的位置,在重力作用下罐内液体自动流入泵内,省去低温泵运行前灌泵带来的麻烦。

[0075] 保温调温系统:避免整个管路系统与外界的热量传递,保证整个管路系统中的低温介质不因从外界吸热而发生汽化;调节低温泵的蜗壳壁面温度,控制汽化发生的位置。

[0076] 管路系统中的所有直管段采用真空夹套管,夹套管上裹覆保温层,以减小热量的传递。

[0077] 管路系统中的其他配件(如:靶式流量计、调节阀、球阀、法兰、弯管、软管等)的表面均裹覆保温层,保温层材料为聚氨酯泡沫,对低温泵进出口管路进行保温。

[0078] 低温罐采用球形结构,该结构具有相同容积情况下表面积最小的特点,以减小散热的面积。低温罐内壁和外壁间抽真空,以减小热传导而导致的热量传递。低温罐外裹覆保温层,保温层材料为聚氨酯泡沫,以增强对低温罐的保温效果。保温层外设有保护层对保温层进行保护。

[0079] 低温泵蜗壳壁面设有电加热带,电加热带外铺设保温层,保温材料为聚氨酯泡沫。在不允许蜗壳内壁面发生汽化的情况下,电加热带不工作,保温层起保温作用,避免与外界发生热交换;在需要模拟低温泵因与外界传热而发生汽化的情况下,电加热带通电工作,加热低温泵蜗壳壁面。

[0080] 罐内压力控制系统:控制低温罐内的压力,以控制低温泵内汽化发生的位置。

[0081] 低温罐底部的压力表用于测量罐底压力,从而换算得到罐内液位,在试验过程中关闭与该压力表相连的隔断球阀,以避免超出量程而毁坏压力表。

[0082] 低温罐顶部的压力真空表用于测量低温罐内的压力。当低温罐需要减压时,关闭所有与外界连接的阀门,打开真空泵从低温罐内抽气,通过该压力真空表显示低温罐内的真空度,罐内的压力大小通过减压调节阀进行调节;当低温罐内需要增压时,关闭所有与外界连接的阀门,打开增压泵向低温罐内充气,通过该压力真空表显示低温罐内的压力,罐内的压力大小通过增压调节阀进行调节。

[0083] 数据采集分析系统:用于采集压力、转速、流量、电流、电压等信号,分析采集的数据得出低温泵的外特性;并用于采集高速摄像机拍摄得到的低温泵内部流动的图像,根据流动状态控制低温罐内压力或低温泵外电加热带温度,以保证外特性试验在所要求的相变诱因下进行。

[0084] 该系统以计算机单元为核心,传感器将各种被测参数(如:泵进出口压力、泵的流量、转速等)转换成模拟信号,通过放大器进行放大或衰减,并经A/D转换器转换成数字量,通过输入接口与计算机单元相连。试验过程中,通过计算机单元,经软件设计可对被测参数进行巡回检测、采集、储存,并根据相关公式计算得到流量、扬程、效率、轴功率、汽蚀余量等泵外特性。试验结果可以以数据、表格、曲线或拟合公式的形式通过打印机给出。

[0085] 在泵出口管路系统上安装有靶式流量计,该流量计能够精确地测量低温液体的流量。

[0086] 电机上安装有磁电式转速传感器,测量低温泵轴的转速。

[0087] 低温泵的轴功率用电测法测量,电机上接有电压计和电流计,用计算机记录电机的电流和电压,再通过空载试验和负载试验得到损耗大小,计算得到低温泵的轴功率。

[0088] 低温泵进出口管路的直管段上安装有压力传感器,测量低温泵进出口压力。

[0089] 根据上述测量数据,经计算可得到低温泵的外特性(流量、扬程、轴功率、效率、汽蚀余量)。

[0090] 内窥镜从内窥测量孔伸入低温泵内,通过高速摄像机对泵内流动进行拍摄,数据传入计算机单元进行处理分析。

[0091] 本发明相比现有技术,其装置和方法分别具有如下有益效果:

[0092] (1)本发明设计一套用于测量存在相变情况下低温泵外特性的全新装置,该装置泵内相变诱因可控。通过调节低温泵的流量、低温罐内的压力和低温泵蜗壳壁面的温度来控制相变诱因,分别实现泵内压降导致相变、水力损失导致相变、外界传热导致相变,对每种相变情况下的低温泵外特性进行测试。

[0093] (2)操作简便、安全可靠。整个装置采用可靠的保温层结构,避免了低温液体的冷量的损失,同时起到了防止冻伤的作用;低温罐采用球形结构,在相同容积情况下该结构的散热面积最小;管路布置最优,在保证不影响流量和压力测量精度的情况下尽量减小了管路长度,从而减小了管路的散热面积;低温泵布置于低温罐内液面的下方,省去了低温泵启动时灌泵这一操作步骤。

[0094] (3)测量精度高。能够直接以低温液体为介质直接测量低温泵的性能,避免了一些不必要的误差,装置的试验精度高。

[0095] (4)通用性强。对不同型号低温泵进行试验时,进出口管路采用变径管来连接不同型号的低温泵。

[0096] (5)功能齐全。该装置不仅能测量低温泵的外特性,还能测量低温泵内相变位置和内部流动状态。

[0097] (6)本发明的测试方法通过相变诱因控制,本发明的测试方法能实现低温泵在无相变、泵内压降导致相变、水力损失导致相变、外界传热导致相变四种状况下的外特性的试验,使用方便,可有效进行不同相变情况下的低温泵性能检测与分析。

附图说明

[0098] 下面结合附图和实例对本发明进一步说明。

[0099] 图1为本发明的总装结构示意图。

[0100] 图中:1.进液口,2.进液阀,3.压力真空表,4.低温罐顶部接管,5.排气阀,6.排气口,7.夹套管,8.弯管,9.调节阀,10.靶式流量计,11.计算机单元,12.泵出口直管段,13.泵出口压力传感器,14.泵出口软管,15.泵出口变径管,16.联轴器,17.电机,18.机架,19.低温泵,20.电加热带,21-1.第一内窥高速摄像机,21-2.第二内窥高速摄像机,21-3.第三内窥高速摄像机,22.泵进口变径管,23.泵进口软管,24.泵进口压力传感器,25.泵进口直管段,26.球阀,27.弯管,28.低温罐底部接管,29.隔断球阀,30.压力表,31.真空泵,32.增压泵,33.低温罐内壁,34.低温罐外壁,35.低温罐保温层,36.保护层,37.低温罐,38.减压调压阀,39.增压调压阀,40.吸气管,41.充气管,42.隔断气阀,43.进液管。

具体实施方式

[0101] 下面结合附图对本发明做进一步的描述:

[0102] 实施例一:

[0103] 在图1中,本发明的装置包括五个系统,分别为动力系统、管路系统、调温保温系统、罐内压力控制系统和数据采集分析系统。该试验装置能在控制低温泵内相变诱因的情况下,进行低温泵的外特性的测试。

[0104] 在图1中,本发明的动力系统包括电机(17)、联轴器(16)、机架(18)、低温泵(19)。电机(17)通过联轴器(16)与低温泵(19)连接,将动力传给低温泵(19),电机(17)和低温泵(19)固定在机架(18)上。

[0105] 在图1中,本发明的管路系统包括低温罐(37)、泵进口管路和泵出口管路。低温罐(37)用于盛装液氮,低温罐底部接管(28)与泵进口管路相连接,低温罐顶部接管(4)与泵出口管路相连接。泵进口管路进口端与低温罐底部接管(28)相连接,经弯管(27)、球阀(26)、泵进口直管段(25)、泵进口软管(23)、泵进口变径管(22)一直连接到低温泵(19)进口。泵出口管路进口端与低温泵(19)出口端相连接,经泵出口变径管(15)、泵出口软管(14)、泵出口直管段(12)、靶式流量计(10)、调节阀(9)、弯管(8)、夹套管(7)一直连接到低温罐顶部接管(4)。调节阀(9)用于调节低温泵的流量。低温泵进出口管路上安装有软管(23、14),用于补偿安装误差和抵消管路产生的热应力。低温泵(19)的进、出口与变径管(22、15)相连,用于不同尺寸管路的连接。

[0106] 在图1中,本发明的保温调温系统包括低温罐保温层(35)、低温罐内壁(33)和外壁(34)之间的真空层、管路系统中管路外周的保温层(图中未画出)、所有夹套管(7)内的真空层、低温泵泵壳外的电加热带(20)。所有真空层和保温层均是为了避免低温介质与外界进行热交换。电加热带(20)用于调节低温泵蜗壳壁面的温度。

[0107] 在图1中,本发明的罐内压力控制系统包括低温罐底部的压力表(30)、低温罐顶部的压力真空表(3)、真空泵(31)、增加泵(32)、减压调压阀(38)、增压调压阀(39)和隔断气阀(42),以及真空泵(31)、增压泵(32)与进液管(43)之间的连接管路,主要用于控制低温泵(19)内汽化发生的位置。低温罐底部的压力表(30)用于测量罐底压力,以换算得到罐内液位。低温罐顶部的压力真空表(3)用于测量低温罐内的压力。减压调压阀(38)和增压调压阀(39)用于控制低温罐(37)内的压力。

[0108] 在图1中,本发明的数据采集分析系统包括计算机单元(11)和分别与计算机单元连接的靶式流量计(10)、泵进口压力传感器(24)、泵出口压力传感器(13)、内窥高速摄像机(21-1、21-2、21-3)等。靶式流量计(10)用于测量低温泵的流量,泵进口压力传感器(24)和泵出口压力传感器(13)分别用于测量泵进出口的压力。内窥高速摄像机(21-1、21-2、21-3)通过内窥镜伸入低温泵内观测低温泵内介质汽化发生的位置和流动状态。采集到的数据输入计算机单元(11)进行分析处理,得到低温泵的外特性。本实例中,在低温泵的外壳上对应叶轮进口处、叶轮出口处和蜗壳壁面上三处开设内窥镜测量孔,并分别安装有内窥镜及内窥高速摄像机。

[0109] 实施例二:

[0110] 无相变情况下的低温泵外特性试验(通过控制低温罐内压力实现)的主要步骤:

[0111] 1)加注液氮。

[0112] 1.1)关闭球阀(26)和隔断气阀(42),打开隔断球阀(29)、排气阀(5)和进液阀(2)。

[0113] 1.2)从进液口(1)经进液阀(2)和进液管(43)向低温罐(37)内先缓慢注入液氮,液氮汽化后的氮气经低温罐顶部接管(4)和排气阀(5)从排气口(6)排出。

- [0114] 1.3) 待排气口(6)无氮气排出后,增大液氮加注流量。
- [0115] 1.4) 加注过程中,观察压力表(30)上的读数变化,直至低温罐(37)内液氮液位达到2/3球罐高度。
- [0116] 1.5) 停止液氮加注,液氮加注管从进液口(1)移除,关闭排气阀(5)。
- [0117] 2) 预冷管路。
- [0118] 2.1) 打开调节阀(9),缓慢打开球阀(26),预冷管路和低温泵。液氮汽化后的氮气经低温泵进口管路、低温泵(19)、低温泵出口管路、低温罐顶部接管(4)、进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出。
- [0119] 2.2) 全开球阀(26),关闭调节阀(9)。
- [0120] 2.3) 手动盘转联轴器(16),确保泵轴没被卡死。
- [0121] 2.4) 启动电机(17)。
- [0122] 2.5) 缓慢打开调节阀(9),对管路进一步预冷。液氮汽化后的氮气经弯管(8)、夹套管(7)、低温罐顶部接管(4)、进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出。
- [0123] 2.6) 待整个管路预冷完成后,关闭低温泵(19)。
- [0124] 2.7) 检查压力表(30)的读数,确保低温罐(37)内液位不低于球罐高度的3/5。
- [0125] 2.8) 若低温罐(37)内液位偏低,打开排气阀(5),再次从进液口(1)加注液氮,加注完成后,液氮加注管从进液口(1)移除,关闭排气阀(5)。
- [0126] 3) 试验工况预调及无相变情况下的低温泵外特性试验
- [0127] 3.1) 打开数据采集分析系统中的所有传感器和内窥高速摄像机,确保所有传感器上的信号能正确传输至计算机单元(11)。
- [0128] 3.2) 关闭调节阀(9),启动电机(17)开启低温泵(19)。
- [0129] 3.3) 通过变频器调节电机(17)的转速至试验所需转速。
- [0130] 3.4) 观察靶式流量计(10)所测流量,缓慢开启调节阀(9),将流量调节至试验所需流量。
- [0131] 3.5) 观察各内窥高速摄像机所测泵内流动,控制泵内无相变。在管路充分预冷且流量较大的情况,如果叶轮进口处无相变发生,则其他位置不会发生相变,所以只要控制叶轮进口处无相变即可确保各处均无相变。若在叶轮进口处出现相变现象,则关闭进液管的进液阀(2)、减压调压阀(38),打开隔断气阀(42)、增压调压阀(39),打开增压泵(32)给低温罐(37)内增压;观察压力真空表(3)的读数变化,确保低温罐(37)内压力不超过设计压力;观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动,直至叶轮进口处无相变现象;增压前必须关闭隔断球阀(29),避免压力过高超过压力表(30)的量程。
- [0132] 3.6) 在泵内无相变的情况下,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性。
- [0133] 4) 结束试验。
- [0134] 4.1) 关闭电机(17),使得低温泵(19)停止运行。
- [0135] 4.2) 打开进液阀(2)、排气阀(5)、调节阀(9)、隔断球阀(29),关闭球阀(26)、隔断气阀(42)。若长时间不进行试验,管路中的液氮汽化后,经弯管(8)、夹套管(7)、低温罐顶部接管(4)、进液管(43)、进液阀(2)从进液口(1)排出,或经弯管(8)、夹套管(7)、低温罐顶部接管(4)、排气阀(5)从排气口(6)排出;低温罐(37)中的液氮汽化后,经进液管(43)、进液阀

(2)从进液口(1)排出,或经低温罐顶部接管(4)、排气阀(5)从排气口(6)排出。

[0136] 4.3)关闭数据采集分析系统中的所有传感器和内窥高速摄像机,整理试验现场。

[0137] 实施例三:

[0138] 泵内压降导致相变情况下的低温泵外特性试验(通过控制低温罐内压力实现)的主要步骤:

[0139] 1)与实施例二的1.1)至3.5)步骤相同。

[0140] 2)关闭进液阀(2)和增压调压阀(39),打开隔断气阀(42)和减压调压阀(38),启动真空泵(31)给低温罐(37)内减压。观察压力真空表(3)的读数变化,观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动,让叶轮进口发生相变,该种相变情况下从内窥高速相机拍摄到的图像上可以看到该处出现气泡。

[0141] 3)若在不减压情况下叶轮进口即发生相变,则采取与步骤3.5)相同的方法,控制低温罐(37)内压力以达到控制叶轮进口相变的目的。

[0142] 4)在叶轮进口处发相变的情况下,保持低温罐内压力不变10分钟以上,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性。数据采集结束后,恢复低温罐内压力,消除叶轮进口相变。

[0143] 5)结束试验,步骤同实施例二的4)步骤。

[0144] 实施例四:

[0145] 水力损失导致相变情况下的低温泵外特性试验(通过控制低温罐内压力和低温泵流量实现)的主要步骤:

[0146] 1)与实施例二的1.1)至3.5)步骤相同。

[0147] 2)关小调节阀(9)减小低温泵(19)的流量。观察第三内窥高速摄像机(21-3)所测泵内流动,此时,泵内水力损失增大,损失的能量使得叶轮出口附近液氮温度升高而发生相变,该种相变情况下从内窥高速相机拍摄到的图像上可以看到叶轮出口附近出现气泡。

[0148] 3)观察第二内窥高速摄像机(21-2)所测泵内流动,确保此流量工况下叶轮进口处无相变现象。若叶轮进口处存在相变现象,可采取与步骤3.5)相同的方法,适当进行压力控制。

[0149] 4)在水力损失导致叶轮出口附近发生相变的情况下,保持低温泵流量和低温罐压力恒定10分钟以上,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性。数据采集结束后,开大调节阀(9)增大低温泵(19)的流量至额定流量,消除相变。

[0150] 5)结束试验,步骤同实施例二的4)步骤。

[0151] 实施例五:

[0152] 外界传热导致相变情况下的低温泵外特性试验(通过控制低温罐内压力和电加热带加热温度实现)的主要步骤:

[0153] 1)与实施例二的1.1)至3.5)步骤相同。

[0154] 2)观察第二内窥高速摄像机(21-2)和第三内窥高速摄像机(21-3)所测泵内流动,确保叶轮进口和叶轮出口附近无相变现象发生,即无泵内压降和水力损失导致的相变;

[0155] 3)给电加热带(20)通电,对低温泵(19)的蜗壳外壁进行加热,模拟保温效果不佳与外界传热的情况。

[0156] 4) 观察第一内窥高速摄像机(21-1)所测泵内流动,加热至低温泵蜗壳内壁出现相变,该种相变情况下从内窥高速相机拍摄到的图像上可以看到蜗壳壁面形成了气泡。若叶轮进口存在相变现象,可采取与步骤3.5)相同的方法,适当进行压力控制。

[0157] 5) 保持低温泵流量、低温罐内压力以及电加热带加热温度恒定10分钟以上,待低温泵(19)运行稳定后采集所需数据,经计算机单元(11)处理后得到低温泵(19)的外特性。数据采集结束后,给电加热带(20)断电,消除蜗壳内壁相变。

[0158] 6) 结束试验,步骤同实施例二的4)步骤。

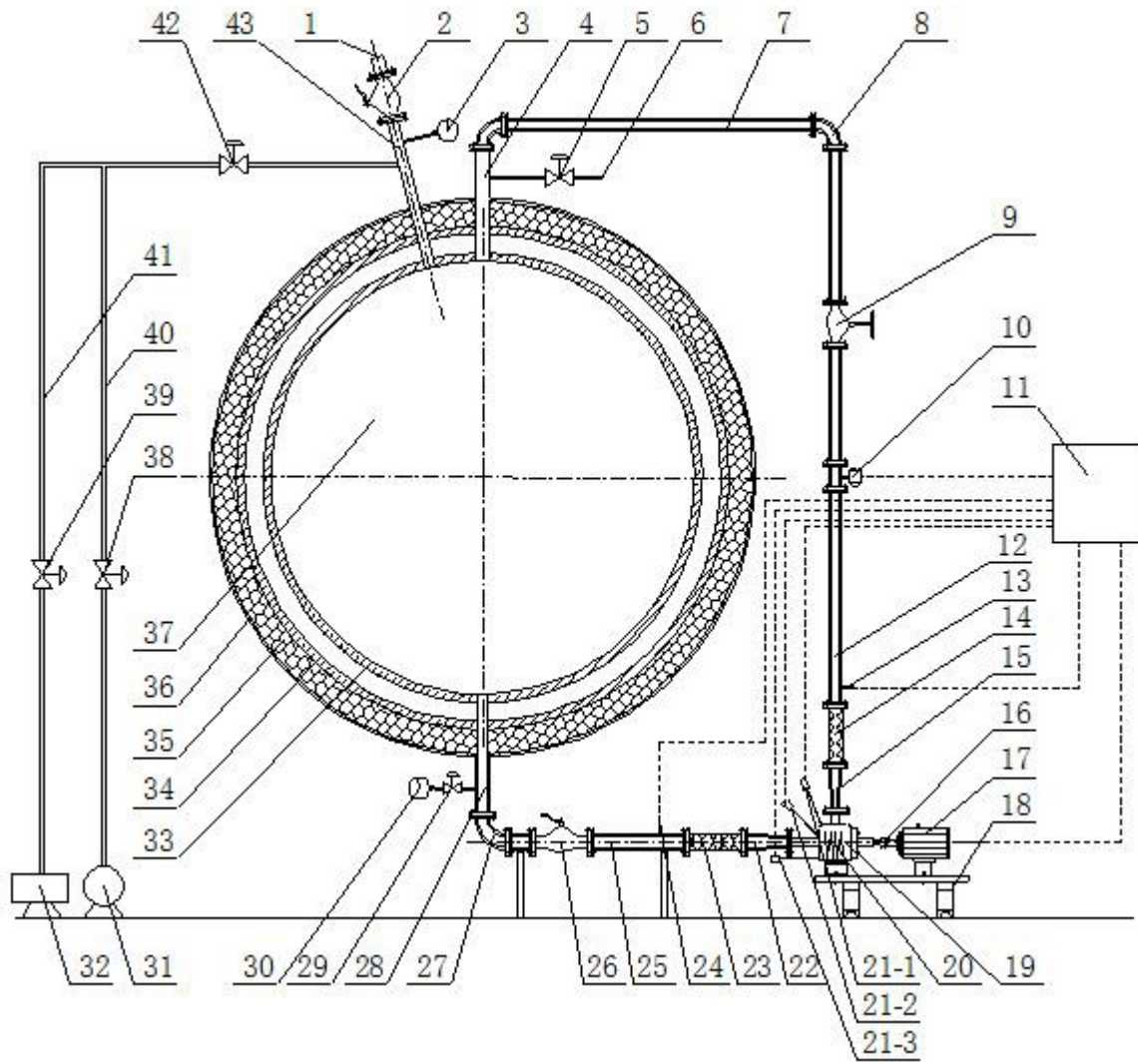


图1