(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 120252867 A
(43)申请公布日 2025.07.04

(21)申请号 202410003564.4

(22)申请日 2024.01.02

(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 陈六彪 田一含 崔晨 王俊杰

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002
专利代理师 吴勇涛

(51)Int.Cl.
G01F 1/36(2006.01)
G01F 15/00(2006.01)

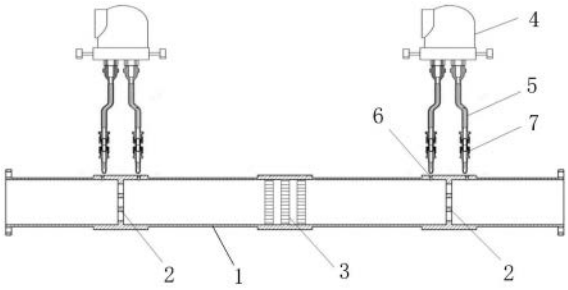
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

低温流体的压差式流量测量装置及测量方法

(57)摘要

本发明提供一种低温流体的压差式流量测量装置及测量方法,包括管道、均流件和压差传感器,管道内沿其长度方向间隔设置多个多孔平衡板,均流件设置在相邻的两个多孔平衡板之间,压力检测装置设置有多个,压力检测装置均与管道连接,用于分别测量每个多孔平衡板的两侧低温流体的压力值;本发明通过在管道中串联的多个多孔平衡板以及多孔平衡板之间的均流件,使流经的气液两相的低温流体的混合更加均匀,管道中低温流体流经各多孔平衡板及均流件时,压差能被多次均匀地降低,每一级产生的压降不足以导致空化,有效的避免了空化效应,提高了管道下游低温流体的流量测量结果的准确性。



CN 120252867 A

1.一种低温流体的压差式流量测量装置,其特征在于,包括:

管道(1),所述管道(1)内沿其长度方向间隔设置多个多孔平衡板(2);

均流件(3),设置在相邻的两个所述多孔平衡板(2)之间;

压力检测装置,设置有多个,所述压力检测装置均与所述管道(1)连接,用于分别测量每个所述多孔平衡板(2)的两侧低温流体的压力值。

2.根据权利要求1所述的低温流体的压差式流量测量装置,其特征在于,所述多孔平衡板(2)的外缘与所述管道(1)的内壁连接,所述多孔平衡板(2)上设置有若干通孔。

3.根据权利要求1所述的低温流体的压差式流量测量装置,其特征在于,所述压力检测装置为压差传感器(4),所述压差传感器(4)与所述多孔平衡板(2)数量相同且位置一一对应,所述压差传感器(4)设置有一对压力接口,一对所述压力接口分别通过引压管(5)与所述多孔平衡板(2)两侧的管道(1)连通。

4.根据权利要求3所述的低温流体的压差式流量测量装置,其特征在于,所述多孔平衡板(2)两侧的管道(1)上分别设置取压口(6),所述引压管(5)与所述取压口(6)连接。

5.根据权利要求3所述的低温流体的压差式流量测量装置,其特征在于,所述引压管(5)的轴线方向与所述管道(1)的轴向方向垂直。

6.根据权利要求5所述的低温流体的压差式流量测量装置,其特征在于,所述引压管(5)设置有折弯部,所述折弯部两端的所述引压管(5)的轴线方向与所述管道(1)的轴向方向垂直。

7.根据权利要求4所述的低温流体的压差式流量测量装置,其特征在于,还包括转接组件(7),所述转接组件(7)的一端与所述取压口(6)连接,另一端与所述引压管(5)可拆卸连接。

8.根据权利要求1所述的低温流体的压差式流量测量装置,其特征在于,所述均流件(3)设置有多个,所述均流件(3)为丝网或均流器。

9.根据权利要求1所述的低温流体的压差式流量测量装置,其特征在于,所述管道(1)外侧设置有隔热层。

10.一种低温流体的压差式流量测量方法,采用如权利要求1-9任一项所述的低温流体的压差式流量测量装置,其特征在于,包括:

向管道中通入密度为ρ的低温流体;

低温液体在管道中依次流经多个多孔平衡板及均流件,并在各多孔平衡板两侧产生压差;

通过压力检测装置测量各多孔平衡板的两侧低温流体的压力值,并计算各多孔平衡板的两侧低温流体的压差ΔP;

计算各多孔平衡板的等效直径比β,所述等效直径比β为每个所述多孔平衡板上的所有通孔的面积之和与所述管道的横截面积A之比;

根据各多孔平衡板的两侧低温流体的压差ΔP和流出系数C计算出各多孔平衡板对应的流量q_v,计算公式为:

$$q_v = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}}\beta^2 A\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$ 。

低温流体的压差式流量测量装置及测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及低温流体测量技术领域,尤其涉及一种低温流体的压差式流量测量装置及测量方法。

背景技术

[0002] 当前,航空航天、液空储能等技术的快速发展对低温流体的需求大大提高,进而对低温流体流量的测量技术也有了进一步的需求。

[0003] 低温流体的密度、粘度、热导率等物性与常温流体有较大差异,尤其是低沸点使低温流体非常容易气化,且在经过节流件时可能会因为压降过大而产生空化效应,因此气相的存在是影响流量测量准确性和可靠性的主要原因,而在实际测量中,低温流体的少量气化是不可避免的。

[0004] 目前用于低温流体的流量计主要有涡轮流量计、涡街流量计和科氏流量计孔板流量计等,但是上述流量计具有运动部件,安装复杂,且多采用分离计量的方法,将整个测量过程划分为若干个独立的计量过程,所需的设备复杂且成本高,并且在测量过程中容易受到流体物性、压力波动、流场变化等因素的干扰,影响其测量精度和稳定性。

发明内容

[0005] 本发明提供一种低温流体的压差式流量测量装置及测量方法,用以解决现有技术中对气液两相的低温流体的流量测量结果不准确的缺陷。

[0006] 第一方面,本发明提供一种低温流体的压差式流量测量装置,包括:

[0007] 管道,所述管道内沿其长度方向间隔设置多个多孔平衡板;

[0008] 均流件,设置在相邻的两个所述多孔平衡板之间;

[0009] 压力检测装置,设置有多个,所述压力检测装置均与所述管道连接,用于分别测量每个所述多孔平衡板的两侧低温流体的压力值。

[0010] 根据本发明提供的低温流体的压差式流量测量装置,所述多孔平衡板的外缘与所述管道的内壁连接,所述多孔平衡板上均匀设置有若干通孔。

[0011] 根据本发明提供的低温流体的压差式流量测量装置,所述压力检测装置为压差传感器,所述压差传感器与所述多孔平衡板数量相同且位置一一对应,所述压差传感器设置有一对压力接口,一对所述压力接口分别通过引压管与所述多孔平衡板两侧的管道连通。

[0012] 根据本发明提供的低温流体的压差式流量测量装置,所述多孔平衡板两侧的管道上分别设置取压口,所述引压管与所述取压口连接。

[0013] 根据本发明提供的低温流体的压差式流量测量装置,所述引压管的轴线方向与所述管道的轴向方向垂直。

[0014] 根据本发明提供的低温流体的压差式流量测量装置,所述引压管设置有折弯部,所述折弯部两端的所述引压管的轴线方向与所述管道的轴向方向垂直。

[0015] 根据本发明提供的低温流体的压差式流量测量装置,还包括转接组件,所述转接

组件的一端与所述取压口连接,另一端与所述引压管可拆卸连接。

[0016] 根据本发明提供的低温流体的压差式流量测量装置,所述均流件设置有多个,所述均流件为丝网或均流器。

[0017] 根据本发明提供的低温流体的压差式流量测量装置,所述管道外侧设置有隔热层。

[0018] 第二方面,本发明还提供了一种低温流体的压差式流量测量方法,采用如第一方面所描述的低温流体的压差式流量测量装置,包括:

[0019] 向管道中通入密度为ρ的低温流体;

[0020] 低温液体在管道中依次流经多个多孔平衡板及均流件,并在各多孔平衡板两侧产生压差;

[0021] 通过压力检测装置测量各多孔平衡板的两侧低温流体的压力值,并计算各多孔平衡板的两侧低温流体的压差ΔP;

[0022] 计算各多孔平衡板的等效直径比β,所述等效直径比β为每个所述多孔平衡板上的所有通孔的面积之和与所述管道的横截面积A之比;

[0023] 根据各多孔平衡板的两侧低温流体的压差ΔP和流出系数C计算出各多孔平衡板对应的流量q_v,计算公式为:

[0024] $$q_v = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}}\beta^2 A\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$。

[0025] 本发明提供的一种低温流体的压差式流量测量装置及测量方法,包括管道、均流件和压差传感器,通过在管道内沿其长度方向间隔设置多个多孔平衡板,均流件设置在相邻的两个多孔平衡板之间,压力检测装置设置有多个,压力检测装置与管道连接,用于测量每个多孔平衡板的两侧低温流体的压力值,并根据压力值计算各多孔平衡板两侧低温流体的压差;如此设置,通过在管道中串联的多个多孔平衡板以及多孔平衡板之间的均流件,使流经的气液两相的低温流体的混合更加均匀,管道中低温流体流经各多孔平衡板及均流件时,压差能被多次均匀地降低,每一级产生的压降不足以导致空化,有效的避免了空化效应,提高了管道下游低温流体的流量测量结果的准确性,可选取最后一级多孔平衡板的流量测量值作为管道中低温流体的流量测量结果。

[0026] 此外,本发明并无运动部件,安装简单,适用范围广,成本低,可直接获得测量数据,避免了用分离计量的方法所需的复杂设备和高昂成本,通过对各多孔平衡板处的流量测量结果进行比较,还能有效检测出液体中气相的存在。

附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本发明或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0028] 图1是本发明实施例提供的管道的结构示意图;

[0029] 图2是本发明实施例提供的低温流体的压差式流量测量装置的结构示意图;

[0030] 图3是本发明实施例提供的低温流体的压差式流量测量方法的流程框图。

[0031] 附图标记:

[0032] 1、管道;2、多孔平衡板;3、均流件;4、压差传感器;5、引压管;6、取压口;7、转接组件;8、连接法兰。

具体实施方式

[0033] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明中的附图,对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0034] 下面结合图1至图2描述本发明的实施例中提供的一种低温流体的压差式流量测量装置及测量方法。

[0035] 本实施例提供的一种低温流体的压差式流量测量装置,包括:管道1、均流件3和压力检测装置。

[0036] 其中,管道1内沿其长度方向间隔设置多个多孔平衡板2,均流件3设置在相邻的两个多孔平衡板2之间,压力检测装置设置有多个,压力检测装置均与管道1连接,用于分别测量每个多孔平衡板2的两侧低温流体的压力值。

[0037] 通过上述方案可知,本发明在使用时,向管道1中通入低温流体,通过在管道1中串联的多个多孔平衡板2以及多孔平衡板2之间的均流件3,使流经的气液两相的低温流体的混合更加均匀,由于多孔平衡板2具有对称多孔结构特点,对流体的阻碍小,能对流场进行平衡有效地均衡流体分布,降低涡流、振动和信号噪声,管道1中低温流体流经各多孔平衡板2及均流件3时,压差能被多次均匀地降低,且每一级产生的压降不足以导致空化,有效的避免了空化效应,提高了管道1下游低温流体的流量测量结果的准确性,可选取最后一级多孔平衡板2的流量测量值作为管道1中低温流体的流量测量结果,该装置并无运动部件,安装简单,成本低,避免了用分离计量的方法所需的复杂设备和高昂成本,通过对各多孔平衡板2处的流量测量结果进行比较,还能有效检测出液体中气相的存在。

[0038] 上述的低温流体可以是液氮、液氢等沸点低、容易气化的液体或本身含有气相的液体,使该流量测量装置具有广泛的适用范围。

[0039] 可选地,压力检测装置测量管道1中多孔平衡板2两侧低温流体压力的方式,可采用法兰取压、角接取压和径距取压等方式,上述方式均为现有技术,可根据实际需求精度及安装要求进行选择。例如,采用法兰取压,将取压元件(如压力表或压力传感器)安装到法兰上,然后将法兰与管道1进行连接,通常使用螺栓或焊接,通过取压元件测量管道1中的压力;或采用径距取压,利用取压口6中心线与管道1某一规定端面之间的距离,即取压口6间距,来测量管道1中的压力,在管道1上选择合适的取压位置安装取压口6,测量取压口6的间距,将测量到的间距值代入相关公式或计算模型中,计算出管道1中的压力值。

[0040] 本实施例中,多孔平衡板2的外缘与管道1的内壁连接,例如,管道1与多孔平衡板2均设置为圆形,多孔平衡板2的外径与管道1的内径适配,使多孔平衡板2的外周面与管道1的内壁相连接,多孔平衡板2上均匀设置有若干通孔,用于使低温流体通过。

[0041] 在一些实施例中,多孔平衡板2设置有两个,两个多孔平衡板2分别设置在靠近管

道1两端的位置,当然,多孔平衡板2也可以设置三个及以上数量,使串联的多个多孔平衡板2中位于上游的多孔平衡板2以及多孔平衡板2之间的均流件3能够使气液两相的低温流体的混合更加均匀,提高下游流量计测量结果的准确性。

[0042] 本实施例中,均流件3设置有多个,均流件3可以为丝网或均流器,通过均流件3用来改善流体在管道1中的流动状态,使流体在经过均流件3后能够均匀地分散在管道1截面上,减小流速分布不均匀的问题,也有利于减小管道1中的噪声和振动,提高管道1输送的安全性和稳定性。

[0043] 本实施例中,压力检测装置为压差传感器4,压差传感器4与多孔平衡板2数量相同且位置一一对应,压差传感器4设置有一对压力接口,一对压力接口分别通过引压管5与多孔平衡板2两侧的管道1连通,且引压管5的轴线方向与管道1的轴向方向垂直,以避免流体的流动对测量结果产生影响,避免管道1中低温流体的流向与取压管中低温流体的流向不垂直,使流体的流动对取压管产生一定的冲力或振动,从而保证了测量结果的准确性。

[0044] 在一些实施例中,多孔平衡板2两侧的管道1上分别设置取压口6,引压管5与取压口6连接,以将管道1中的低温流体通过引压管5通入到压差传感器4中,用于测量每个多孔平衡板2两侧的低温流体的压力差。

[0045] 优选地,引压管5设置有折弯部,折弯部两端的引压管5的轴线方向与管道1的轴向方向垂直。

[0046] 如此设置,折弯部能用来缓冲被测量介质对压差传感器4中弹簧管的瞬时冲击,能很好的保护数显表的机械结构或者压差传感器4不受损害,延长使用寿命。

[0047] 进一步地,为便于引压管5与管道1的连接,还包括转接组件7,转接组件7的一端与取压口6连接,另一端与引压管5可拆卸连接;在一些实施例中,转接组件7可以是连接在管道1上的转接管和锁紧螺母,转接管的一端与管道1的取压口6密封连接,例如通过焊接焊接,保证取压口6处的气密性;转接管的另一端与引压管5可拆卸连接,例如通过螺纹连接,在引压管5靠近管道1的一端设置外螺纹,在转接管上套接有锁紧螺母,锁紧螺母的内螺纹与引压管5的外螺纹适配,连接时将引压管5与转接管对接配合,然后通过拧动锁紧螺母将引压管5与转接管连接。

[0048] 如此设置,通过设置转接组件7在将压差传感器4与管道1连接时,只需将引压管5与转接组件7连接即可,压差传感器4拆装方便,提高了使用便捷性和测量效率。

[0049] 本实施例中,管道1的两端设置有连接法兰8,可便于将该压差式流量测量装置连接在低温流体的管道1中,管道1外侧设置有隔热层,隔热层可以是管道1外部包裹的一定厚度的绝热材料,例如,玻璃纤维、石棉、气凝胶毡等,用来减小与外部环境的热交换,防止低温流体在管道1流动过程产生气体。

[0050] 本发明还提供了一种低温流体的压差式流量测量方法,采用上述的低温流体的压差式流量测量装置,可测量出管道1内各多孔平衡板2处的流量值。

[0051] 具体地,测量步骤包括:

[0052] S1:向管道1中通入密度为ρ的低温流体;

[0053] S2:低温液体在管道1中依次流经多个多孔平衡板2及均流件3,并在各多孔平衡板2两侧产生压差;

[0054] S3:通过压力检测装置测量各多孔平衡板2的两侧低温流体的压力值,并计算各多

孔平衡板2的两侧低温流体的压差ΔP；

[0055] S4：计算各多孔平衡板2的等效直径比β，等效直径比β为每个多孔平衡板2上的所有通孔的面积之和与管道1的横截面积A之比的1/2次方；

[0056] S5：根据各多孔平衡板2的两侧低温流体的压差ΔP和流出系数C计算出各多孔平衡板2对应的流量q_v，其中，各多孔平衡板2的流出系数C为多孔平衡板2的已知技术参数，计算公式为：

[0057] $$q_v = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}}\beta^2 A\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$ 。

[0058] 在一些实施例中，管道1中靠近两端的位置各设置一个多孔平衡板2，管道1中间设置有丝网，通过压差传感器4测量每个多孔平衡板2两侧的压力，一个多孔平衡板2与对应的压差传感器4可形成一个流体测量的流量计，沿低温流体的流动方向，通过比较前后两个多孔平衡板2对应的流量值，能有效检测出液体中气相的存在：若两个流量值基本相等，说明流体中不含有气体，若两个流量值相差较大，说明流体中含有气体，原因是低温流体在流经各多孔平衡板2时的气液混合均匀性不同，导致流量测量值不同，由于管道1上游的多孔平衡板2提高了气液两相的低温流体的混合均匀性，进而使下游的多孔平衡板2处的流量测量结果更加准确，因此可选取最后一级多孔平衡板2的流量测量值作为管道1中低温流体的流量测量结果。

[0059] 本发明安装简单，可直接获得测量数据，避免了用分离计量的方法所需的复杂设备和高昂成本，通过对各多孔平衡板2处的流量测量结果进行比较，能有效检测出液体中气相的存在。

[0060] 最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述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：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分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本发明各实施例技术方案的精神和范围。

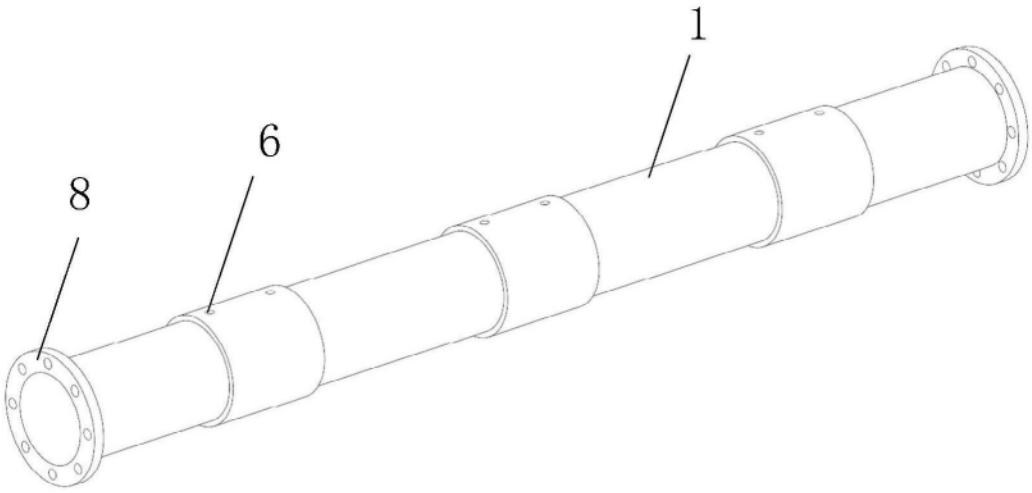


图1

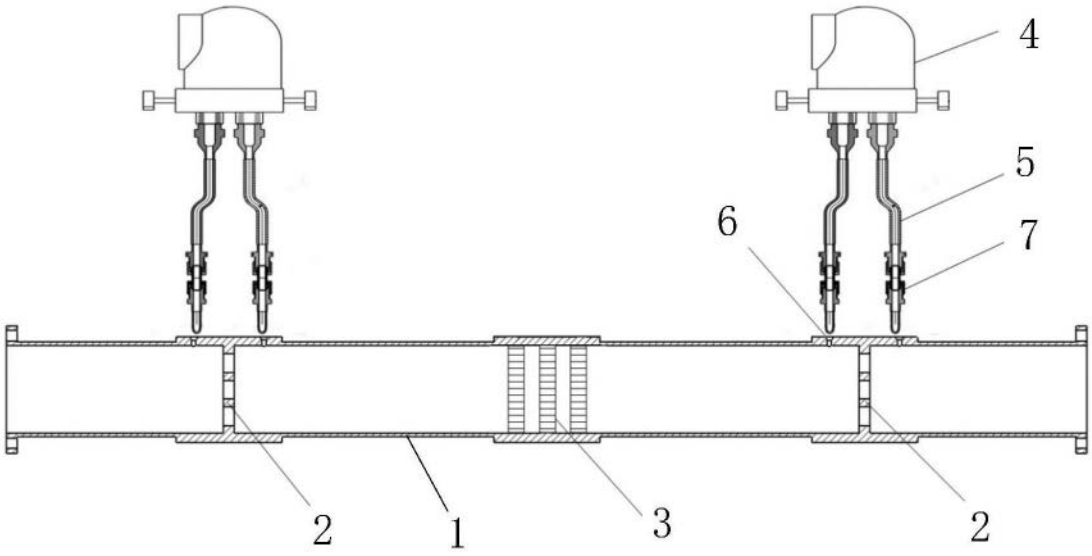


图2

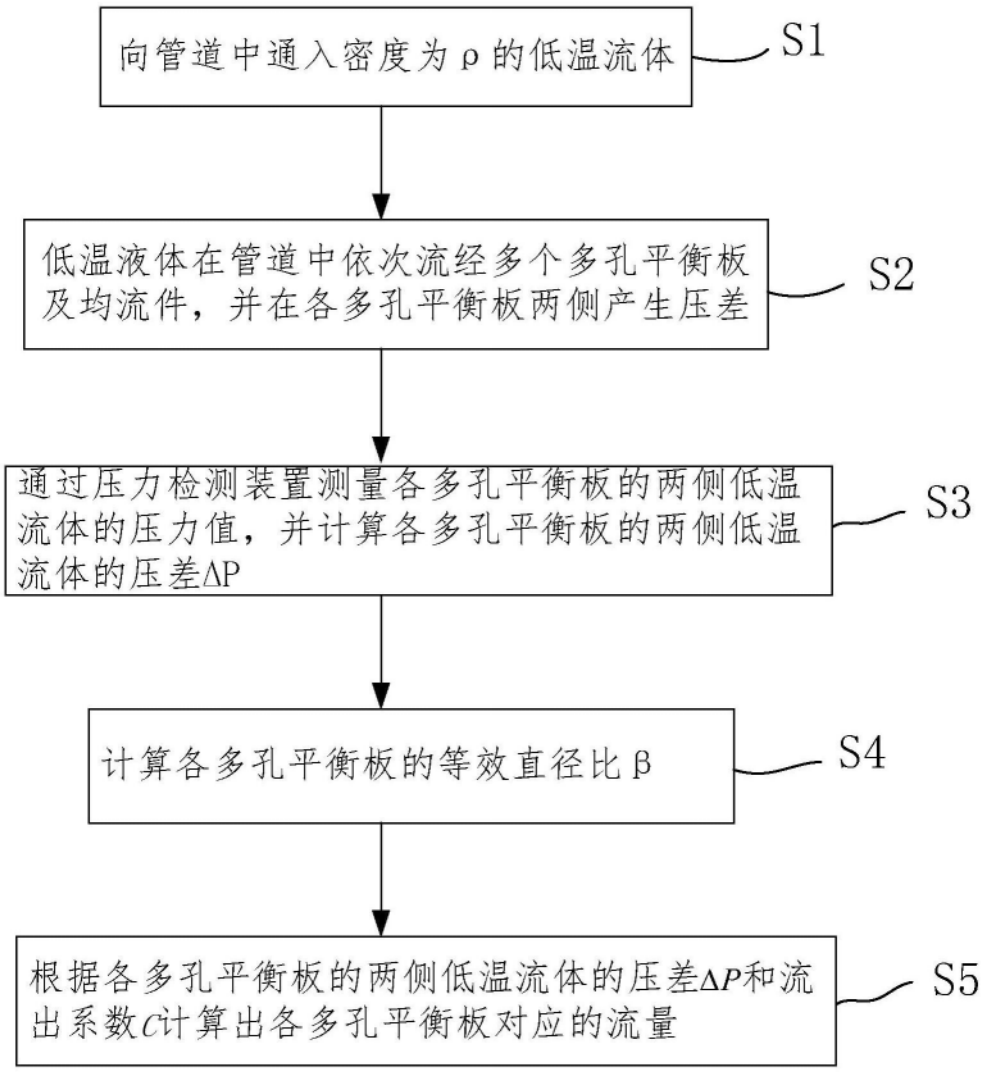

向管道中通入密度为ρ的低温流体
S1
低温液体在管道中依次流经多个多孔平衡板及均流件，并在各多孔平衡板两侧产生压差
S2
通过压力检测装置测量各多孔平衡板的两侧低温流体的压力值，并计算各多孔平衡板的两侧低温流体的压差ΔP
S3
计算各多孔平衡板的等效直径比β
S4
根据各多孔平衡板的两侧低温流体的压差ΔP和流出系数C计算出各多孔平衡板对应的流量
S5

图3