

空气代替水旁通流量测试的可行性分析

罗荣海

浙江春晖智能控制股份有限公司 浙江 绍兴 312300

摘要：水和气体之间存在着显著的差异，它们的性质有着显著的区别。然而，它们也有一些相似的特性，例如，水和气体的流量都可以通过流量计进行测量。在相同的条件下，我们可以通过测量气体的流量来推断出通过同样大小的孔洞的水的流量。因此，在一定的压力下，我们可以通过测试气体的流量来判断其通过水的能力是否合格。

关键词：水流量；气流量；相同压力；替换；旁通阀

1 引言

水作为一个生活中最常见的液体，在管、孔、槽、阀门等结构中，通过检测工具，可以测得其在一定条件下的流量数据。在我们水路模块产品中，当水压达到特定压力时，一个旁通阀门结构就会打开，水通过旁通阀门补充到主流道，防止出现主流道水流量不足的情况发生。现阶段由于自动化测试水平的提高，水路模块产品的内外漏性能测试已经通过气体测试实现。当旁通性能测试经过水流量测试后，阀体表面容易产生液体污渍，影响外观，同时还需要对产品进行吹干和烘干的工序，大大增加产品的生产及质量风险。因此，合理可靠地研究气体代替水流量检测为产品生产效率和质量提升都起到相当重要的作用。

本文阐述了如何做到气体代替水进行流量测试的方案，通过对测试设备的研究，对产品在同等条件下两组数据的分析，来实现部分功能气体代替水进行流量测试的可能性，提高产品的生产效率。

2 两种流体的差异性概述

尽管水与空气均具有流体的一般特性，他们自己还是有许多的不同性质。水很难被压缩并在很多的实际应用中可以当作不可压缩的。当给定一定质量的水，在一定温度下，其占有固定的体积，而与其装载的容器的大小和形状无关，而且在容器体积大于水时，上表面形成自由面。

空气则比较易于压缩，体积随压强的变化大，一般都不能忽略，和温度的变化影响也较大。给定质量的空气不具备固定的体积并将量需不断地扩展除非用一容器装载，空气将完全充满所在的任何容器，因此不能形成自由面。

3 旁通结构描述

旁通结构（图1）是一种安全装置，它设计用来保护管道系统中的压力不超过预定的安全极限。

旁通结构的基本组成和工作原理：

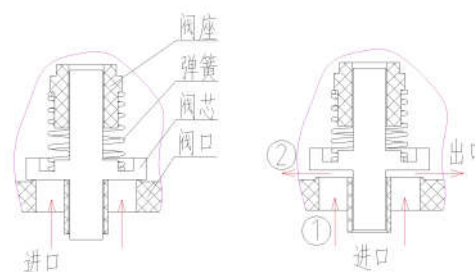


图1 安全装置-旁通结构

①组成部分：

阀口：流体进入和离开旁通阀的通道。

阀芯：移动部件，通常与阀门开启与关闭直接相关，根据压力变化而移动。

弹簧：提供阀芯关闭所需的力，同时决定了开启压力的阈值。

阀座：阀芯关闭时与之接触，形成密封以阻止流体流过阀口。

②工作原理：

在正常工作条件下（压力低于旁通阀的开启压力阈值），旁通阀是关闭的，不参与系统的流体流动。

当系统中的压力升高到旁通阀的开启压力阈值时（可能由于主回路堵塞或主阀门关闭造成的内压升高），阀芯将克服弹簧的压力而打开，允许流体通过旁通阀流动。

开启旁通阀允许多余的流体被重定向或释放，从而减少主系统中的压力，以保护系统免受压损坏。

内部压力的进一步增加会导致阀口的开启距离增加，进而增加通流量，直到流量和压力达到平衡为止。

③旁通阀的作用：

保护系统：旁通阀主要用于防止过压，保护管道系统和设备不受损坏。

压力平衡：通过调节流动，旁通阀有助于维持系统

中的压力稳定。

如图1中，当①处充满水或空气，压力大于或等于开启压力时，阀口打开，水或空气流向②处。具体结构见下图所示。

4 两种流体的旁通流量测试原理描述

根据图一所示，在进口端通入相同压力的水和空气，观察其稳定性及两者的流量差。

水和空气在流量方程中的应用存在一些差异，主要是由于它们物理性质的不同。水是不可压缩流体（在工程应用中通常假设其密度不随压力变化），而空气是可压缩流体，其密度会随着压力和温度的变化而变化。

以下是水和空气在流量方程中应用的主要差异：

密度（ ρ ）：

水：由于水是不可压缩流体，其密度通常被认为是常数，大约为（1000） kg/m^3 。

空气：空气是可压缩流体，其密度随着压力和温度的变化而变化。在标准大气压下，干燥空气的密度约为（1.225） kg/m^3 ，但这个值会随着环境条件的变化而变化。

流量方程（ $Q = AV$ ）：

水：由于水的密度基本不变，流量（ Q ）可以通过简单地将截面积（ A ）乘以流速（ V ）来计算。

空气：对于空气，流量的计算可能需要考虑压力和温度的影响，特别是在高速流动或有显著压力变化的情况下。在这些情况下，可能需要使用理想气体定律或其他更复杂的方程来计算流量。

流速（ V ）：

水：水的流速不受压力变化的影响，因此可以通过测量或使用流量计来直接确定。

空气：空气的流速可以受到压力和温度变化的影响。在管道和通道中，流速的变化可能会导致密度的变化，进而影响流量的计算。因此两种测试数据存在一定的差异点，也存在一定的共同点。

5 两种流体的旁通流量测试数据分析

5.1 测试说明（如表1）

行业标准水流量数据要求标准为：

0.03MPa关闭压力下流量值小于50（L/H）；

0.045MPa开启压力下流量值规定客户自己约定标称值；

按工厂与客户约定标称要求为大于180（L/H）

选择25只相同型号的阀体作为测试样品。

为每一只阀体分配一个唯一的序号，并进行标记，以便于记录和追踪测试数据。

5.2 流量测试数据分析

表1 流量测试

序号	水旁通流量（L/H）		空气旁通流量（L/H）	
	0.03MPa关闭压力下流量值	0.045MPa开启压力下流量值	0.03MPa关闭压力下流量值	0.045MPa开启压力下流量值
1	10	260	19.2	318
2	10	230	21	276
3	20	235	21	294
4	30	250	19.2	318
5	25	260	20.4	318
6	30	255	17.4	321
7	0	215	21	291
8	0	210	19.8	288
9	0	250	20.4	318
10	10	240	20.4	318
11	10	240	20.4	318
12	10	240	20.4	291
13	30	250	15.6	300
14	35	265	18.6	330
15	10	260	21	342
16	20	260	21	318
17	10	250	20.4	336
18	10	225	18	288
19	15	250	19.2	330
20	0	220	20.4	282
21	10	230	20.4	306
22	10	220	21	318
23	20	225	20.4	288
24	10	210	21	282
25	30	240	19.8	288

依据上述信息，可以对相同阀口及尺寸的阀体在弹簧力基本接近的条件下，得出以下结论：

在水流量测试下：如图2

①流量偏差的存在：不同样本的流量在相同压力下存在偏差。这表明在生产过程中可能存在一定的变异，这些变异可能源于材料的微小差异、制造公差、装配精度或者测试条件的轻微变化等因素。

②符合行业标准：尽管存在流量偏差，但按照标准生产的样本基本能够满足行业标准的要求。这意味着生产流程和质量控制措施足以确保产品在允许的公差范围内，从而保证阀门的性能和可靠性。

③流量与关闭压力的关系：通常情况下，关闭压力下流量偏小的样本，在开启压力下的流量也偏小。这种趋势表明，阀门样本的流量表现在不同的工作状态下具有一定的一致性。这可能与阀体内部的流动特性和结构有关，表明这些特性在整个工作压力范围内都是一致的。

在空气流量测试下：如图3

①流量计的精度对最小流量的影响：最小流量数据的一致性表明，即使弹簧力有细微变化，流量计精度足够高，以至于在关闭压力下，最小流量测量结果保持稳定。这也说明了流量计在低流量范围内的可靠性。

②最大流量的变异性：虽然最大流量之间存在数据差异，但事实上，所有的最大流量都超过了同一平衡点。这意味着阀体在处理高流量时仍然能够保持一定的

性能一致性，尽管具体数值存在变化。

③介质粘度对流量的影响：当阀门开启时，气体的流量值大于水的流量值，这可能是由于气体和水的粘度系数不同造成的。粘度系数是流体内部分子之间的摩擦力的一种度量，它影响流体流过阀门时的阻力。通常，气体的黏度低于水，这可能导致气体在相同的压力差下流动得更快，因此，在开启压力下，气体流量值会偏高。

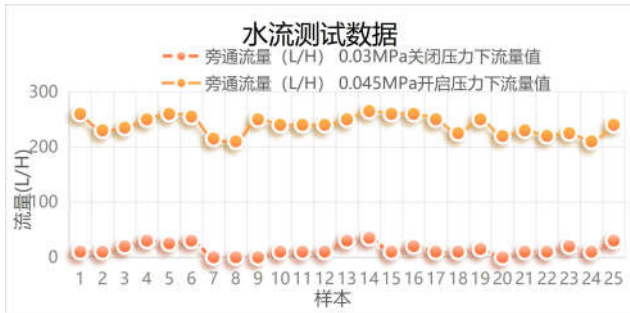


图2 水流测试



图3 空气流量测试

6 结论

旁通系统在壁挂炉系统中具有关键作用，特别是在管路发生堵塞时，它可以及时开启以避免壁挂炉由于燃烧导致的瞬间高温状态。为了理解旁通系统在不同介质—水和空气—中的行为，本文通过对流量方程的研究并结合实际测试数据，得出了一些结论如下：

(1) 在关闭压力下，水和空气的流量数据相近，这表明在较低压力环境下进行测试时，两种介质的行为趋同，这为使用空气替代水进行测试提供了依据。

(2) 在开启压力下，空气的流量数据高于水的流量数据。这是因为空气的可压缩性在高压状态下更为显著，导致空气流量在同样的压力作用下大于水流量。这提示我们在使用空气作为测试介质时，需要考虑到其可压缩性对测试结果的影响。

(3) 无论是水流还是气流，流量数据都显示出稳定性，这表明在特定测试条件下，系统的流动行为是可预测的，流量不会出现大幅波动，这有助于确保旁通系统的可靠性。

总体而言，本文的分析表明，理论上可以使用空气来代替水进行旁通系统的流量测试。这种替代方法可节约成本，减少复杂性，并提高测试的安全性。然而，由于空气和水的物理属性差异^[1]，特别是在高压环境下，进行替代测试时需对数据进行适当的调整。在实际应用中，设计者和维护人员应当充分了解这些差异，以确保旁通系统的正确测试和运作。

参考文献

[1] 浦实, 黄旭光. 相对论自旋流体力学[J]. 物理学报, 2023, 16(82-97).