

# 气动流量阀阀座密封性能研究及结构优化

王吉利

浙江亿日气动科技有限公司 浙江 慈溪 315300

**摘要：**本文深入研究气动流量阀阀座密封性能，并探讨其结构优化的关键要素。分析阀座密封性能的影响因素，包括密封材料选择、密封面形状及加工精度等。针对这些影响因素，提出相应的结构优化措施，如采用高性能密封材料、优化密封面设计以及提高加工精度等。通过实验验证，优化后的阀座密封性能显著提升，为气动流量阀的性能提升和应用拓展提供有力支持。

**关键词：**气动流量阀；阀座密封性；结构优化

## 1 气动流量阀的工作原理

气动流量阀的工作原理是基于气缸的工作原理，通过气压的控制来实现对气体流量的调节。具体来说，气动流量阀内部设置有两个进气口，即控制气源和动力气源。当控制气源的气压通过气管输送至气缸腔时，气缸活塞开始运动，推动阀门铁芯向开口方向移动，从而改变阀门的开启程度。阀门的开启程度决定了流体通过阀门的流量，进而实现对气体流量的控制。在这个过程中，当控制气源的压力作用于气缸腔时，阀门铁芯的位置会随之改变，从而调节气体的流动。当控制气源的压力停止作用于气缸腔时，气缸活塞会向反方向运动，此时弹簧开始起作用，使阀门铁芯停止运动，同时控制气源排气口关闭，动力气源接通，继续控制阀门铁芯的运动以达到所需的控制效果。气动流量阀的另一种类型是电控气动流量阀，它利用压缩空气的压力差来推动活塞产生移动，从而改变节流口的大小来调节流体通道的流通能力。这种阀门具有结构简单、体积小、重量轻等优点，并且能够实现自动化的流量控制。

## 2 气动流量阀阀座密封性能现状分析

在气动流量阀的设计与制造中，阀座密封性能是一个至关重要的考量因素。阀座的密封性能不仅关系到阀门能否正常工作，还直接影响到整个系统的安全稳定运行。

### 2.1 阀座材料对密封性能的影响

阀座材料的选择对气动流量阀的密封性能具有决定性影响。阀座材料应具有良好的耐磨性，以确保在长期使用过程中能够保持稳定的密封性能。阀座材料还应具有较高的硬度和强度，以承受阀门关闭时的高压冲击。阀座材料的耐腐蚀性能也是不可忽视的因素，特别是在腐蚀性介质环境中，材料的选择将直接关系到阀门的使用寿命和密封性能<sup>[1]</sup>。目前，气动流量阀的阀座材料多采用不锈钢、硬质合金、陶瓷等材料。不锈钢具有优良

的耐腐蚀性和机械性能，但在高温高压条件下，其密封性能可能会受到影响。硬质合金具有较高的硬度和耐磨性，但成本较高，且对加工精度要求较高。陶瓷材料则具有极高的硬度和耐磨性，但脆性较大，易在冲击载荷下破裂。

### 2.2 密封面结构对密封性能的影响

密封面结构是影响气动流量阀密封性能的另一个重要因素。密封面结构的合理设计能够有效减少泄漏量，提高阀门的密封性能。常见的密封面结构包括平面密封、锥面密封、球面密封等。平面密封结构具有加工简单、成本低的优点，但在高压条件下，其密封性能可能会受到影响。锥面密封结构具有密封效果好、承压能力强的优点，但在加工过程中需要保证锥面的精度和一致性。球面密封结构则具有自密封能力强、适应性好等优点，但加工难度较大，成本较高。密封面的表面粗糙度、平面度、圆度等参数也会对密封性能产生较大影响。表面粗糙度过大会增加泄漏量，降低密封性能；平面度、圆度不足则会导致密封面贴合不良，影响密封效果。

### 2.3 制造工艺及装配精度对密封性能的影响

制造工艺及装配精度是影响气动流量阀密封性能的另一个关键因素。在制造过程中，如果加工精度不足或加工工艺不合理，就会导致阀座与阀瓣之间的配合间隙过大或过小，从而影响密封性能。在装配过程中，如果装配精度不高或装配方法不当，也会导致阀门密封不良或泄漏。

## 3 气动流量阀工作原理与结构特点

### 3.1 气动流量阀的基本工作原理

气动流量阀，作为一种流体控制设备，其基本工作原理依赖于气动执行机构和流量控制元件的协同作用。气动执行机构通常由气缸、活塞、气源控制阀等部分组成，通过调节气源控制阀来控制气缸内的气压，进而驱

动活塞做往复运动。流量控制元件则通过调节阀门的开度来控制流体的流量。在气动流量阀的工作过程中,当气源控制阀接收到控制信号时,气源开始进入气缸,推动活塞向某一方向运动。活塞的运动通过连接杆或传动机构与阀门相连,从而带动阀门开启或关闭。阀门的开度大小取决于活塞的运动距离,而活塞的运动距离则由气源的压力和控制信号的大小决定。气动流量阀的流量控制是通过调节阀门的开度来实现的,当阀门开启时,流体从入口进入阀门,经过阀门的节流口后流出。节流口的开度大小决定了流体的流量大小。通过调节气源控制阀来控制气缸内的气压,进而调节活塞的运动距离和阀门的开度,从而实现对流体流量的精确控制。气动流量阀还具备一些特殊的工作特性<sup>[2]</sup>。

### 3.2 阀座在气动流量阀中的作用与结构特点

阀座是气动流量阀中重要的组成部分,其主要作用是与阀瓣(或称为阀芯)配合,形成密封面,防止流体在阀门关闭时泄漏。阀座的结构特点直接影响到气动流量阀的密封性能和使用寿命。阀座需要具备良好的密封性能,为了实现这一目标,阀座通常采用与流体介质相容的优质材料制成,如不锈钢、硬质合金、陶瓷等。这些材料具有良好的耐腐蚀性和耐磨性,能够在长期使用过程中保持稳定的密封性能。阀座的结构设计也是影响其密封性能的重要因素,阀座的密封面通常采用平面、锥面或球面等结构形式。这些结构形式各有特点,如平面密封结构加工简单、成本低;锥面密封结构密封效果好、承压能力强;球面密封结构自密封能力强、适应性好等。在设计和选择阀座时,需要根据具体的使用环境和工况条件来选择最合适的密封面结构。阀座还需要具备足够的强度和刚度,因为阀座在阀门关闭时需要承受来自阀瓣的压力和冲击载荷,如果阀座的强度和刚度不足,就容易导致变形或损坏,从而影响阀门的密封性能和使用寿命。阀座的安装和拆卸也是需要考虑的因素,为了方便维修和更换阀座,气动流量阀通常采用可拆卸式结构。

### 3.3 密封性能对气动流量阀性能的影响分析

密封性能是气动流量阀性能的重要指标之一。良好的密封性能不仅能够确保流体在阀门关闭时不泄漏,还能够提高阀门的控制精度和可靠性。密封性能的好坏直接影响到气动流量阀的泄漏量,如果阀门的密封性能不佳,就容易导致流体在阀门关闭时泄漏。这不仅会浪费资源,增加运行成本,还可能对系统造成污染和损害。提高气动流量阀的密封性能是减少泄漏量、提高系统效率的关键。密封性能的好坏还影响到气动流量阀的控制

精度,如果阀门的密封性能不稳定或存在泄漏问题,就会导致流体的流量不稳定,影响系统的控制精度和稳定性。在设计和制造气动流量阀时,需要注重提高阀门的密封性能,以确保系统的控制精度和稳定性。密封性能还对气动流量阀的使用寿命和可靠性产生影响,如果阀门的密封性能不佳,就容易导致阀座和阀瓣的磨损加剧,缩短阀门的使用寿命。泄漏问题还可能引发系统故障和安全事故,降低系统的可靠性<sup>[3]</sup>。

## 4 阀座密封性能研究

### 4.1 密封性能评价指标与测试方法

阀座密封性能研究:密封性能评价指标与测试方法

在气动流量阀的设计和优化过程中,阀座的密封性能是至关重要的考量因素。为了准确评估阀座的密封性能,需要建立一套完善的评价指标和相应的测试方法。密封性能评价指标;泄漏率是衡量阀座密封性能最直接的指标,它反映了阀门在关闭状态下流体通过密封面的泄漏程度。泄漏率通常以单位时间内通过密封面的流体体积或质量来表示,单位通常为mL/min、g/min等。密封压力是指在一定时间内,阀门在关闭状态下能够保持密封的最小压力。密封压力的大小反映了阀座与阀瓣之间密封面的紧密程度,以及阀座材料抵抗流体压力的能力。密封寿命是指在正常使用条件下,阀座能够有效密封的最长时间。密封寿命的长短不仅与阀座材料的耐磨性、耐腐蚀性有关,还与阀门的操作频率、介质性质等因素有关。测试方法;静压测试是在阀门关闭状态下,通过逐渐增加流体压力来测试阀座的密封性能。测试时,将阀门安装在测试台上,关闭阀门并施加一定的流体压力,观察并记录泄漏率的变化情况。根据泄漏率的大小和变化趋势,可以评估阀座的密封性能。动态测试是在阀门开启和关闭过程中,通过模拟实际工作条件来测试阀座的密封性能。测试时,将阀门安装在测试台上,通过控制系统模拟阀门的开启和关闭过程,并实时监测泄漏率的变化情况。动态测试可以更加真实地反映阀门在实际工作条件下的密封性能。耐久性测试是通过长时间运行或循环操作来测试阀座密封性能的持久性。测试时,将阀门安装在测试台上,设定一定的操作频率和介质条件,让阀门连续运行或循环操作一定时间后,观察并记录泄漏率的变化情况。

### 4.2 密封材料选择与性能分析

在气动流量阀的设计中,阀座作为与阀瓣形成密封界面的关键部件,其材料的选择直接决定了阀门的密封性能和使用寿命。因此,针对阀座密封性能的研究,关键在于理解不同密封材料的特性,并根据应用环境进行

合适的材料选择。密封材料选择；如不锈钢、硬质合金等，具有良好的机械性能和耐磨性，适用于高压、高温和腐蚀性介质环境。金属密封材料在密封过程中易产生磨损和变形，影响密封性能。如橡胶、塑料、陶瓷等，具有优良的密封性能和耐腐蚀性能，适用于低压、低温和非腐蚀性介质环境<sup>[4]</sup>。其中，橡胶材料具有较好的弹性和自密封能力，但耐温性能较差；塑料材料成本较低，但耐磨性较差；陶瓷材料则具有极高的硬度和耐磨性，但脆性较大。通过结合不同材料的优点，如金属-橡胶复合材料、金属-陶瓷复合材料等，可以在保证密封性能的同时，提高材料的综合性能。密封材料性能分析；密封材料应具有良好的密封性能，能够在不同温度和压力条件下保持稳定的密封效果。材料的硬度、弹性、热膨胀系数等性能参数将直接影响其密封性能。在阀门开启和关闭过程中，阀座与阀瓣之间会发生摩擦，因此密封材料应具有良好的耐磨性，以减少磨损和延长使用寿命。对于腐蚀性介质环境，密封材料应具有良好的耐腐蚀性，以防止材料被腐蚀而导致泄漏。在高温或低温环境下，密封材料的性能应保持稳定，以保证阀门的正常工作。

#### 4.3 密封结构设计与优化

在气动流量阀的性能优化中，阀座的密封结构设计尤为关键。阀座作为阀门中确保流体控制精确性和安全性的重要部分，其设计不仅关系到阀门的密封性能，还直接影响到阀门的整体使用寿命和稳定性。密封结构设计要点；密封面的形状是影响密封性能的重要因素。常见的密封面形状包括平面、锥面、球面等。设计时需根据流体性质、工作压力、温度等因素选择合适的密封面形状，以确保密封面与阀瓣之间能形成有效的密封。密封材料的选择直接关系到阀门的密封性能和使用寿命。需根据介质性质、工作条件等因素选择合适的密封材料，如金属、橡胶、塑料、陶瓷等，或采用复合材料以

综合各种材料的优点。密封结构在设计时应考虑其稳定性，确保在阀门开启和关闭过程中，密封面能够保持平整、无变形，从而确保密封性能。密封结构优化方向；通过优化密封面形状、增加密封面接触面积、减小密封面粗糙度等方式，提高密封精度，降低泄漏率。采用合适的材料或结构设计，增强密封面的刚度，防止在高压或高温条件下密封面发生变形或损坏。针对特定介质或工作条件，优化密封材料的配方，提高材料的耐腐蚀性、耐磨性和热稳定性。通过改善密封面材料、添加润滑剂等方式，降低密封面与阀瓣之间的摩擦系数，减少磨损和能量损失。

#### 结束语

气动流量阀阀座密封性能的研究与优化是确保其稳定可靠运行的关键。通过本文的研究，我们深入理解了影响密封性能的关键因素，并提出了有效的结构优化措施。未来，将继续探索更先进的密封技术和材料，以进一步提升气动流量阀的性能，满足更广泛的应用需求。同时也期待与业界同仁共同交流学习，共同推动气动流量阀技术的发展。

#### 参考文献

- [1]李攀峰,孟胜利.气动调节阀在核电厂中的应用及常见问题分析[J].科技资讯,2022(02):130-131.
- [2]黎远航,刘伟,李其朋,等.气动流量阀阀座密封性能研究及结构优化[J].润滑与密封.2023.48(10):128-136. DOI:10.3969/j.issn.0254-0150.2023.10.018.
- [3]冯春宇,徐国钊,徐明军,等.金属平面密封的密封特性研究[J].流体机械.2021,49(11).DOI:10.3969/j.issn.1005-0329.2021.11.002.
- [4]张颖,练章华,周溢,等.油套管特殊螺纹密封性能数值仿真研究[J].压力容器.2019,(12).DOI:10.3969/j.issn.1001-4837.2019.12.005.