

截止节流阀两相流致噪声特性分析

何善军

浙江盾安人工环境股份有限公司杭州中央空调研究院 浙江 杭州 310051

摘要：本文深入分析截止节流阀在两相流条件下产生的噪声特性。探讨噪声对阀门系统性能及操作人员健康的影响，随后提出针对性的降噪方案与技术改进。研究揭示噪声产生与流态特性的关联，并指出未来研究应聚焦于多尺度、多物理场耦合机理的深入理解，以及先进数值模拟与实验技术的应用。通过优化设计与智能降噪技术，有望为降低工业噪声污染、提高生产效率提供有力支持。

关键词：截止节流阀；两相流致；噪声特性

1 截止节流阀与两相流特性概述

在现代工业领域中，截止节流阀与两相流特性都是至关重要的概念，它们各自在流体控制与系统优化中扮演着不可或缺的角色。

截止节流阀概述：截止节流阀，作为一种常见的流体控制装置，其设计初衷在于通过调节阀门的开度来精确控制流体的流量和压力。与传统的截止阀相比，截止节流阀在结构上进行了优化，使其在开闭过程中具有更小的密封面摩擦力，从而确保了阀门的耐用性和可靠性，截止节流阀还具有开启高度小、制造容易、维修方便等优点，使得它成为中低压及高压系统中不可或缺的组成部分。截止节流阀的工作原理主要是依靠阀杠压力，使阀瓣密封面与阀座密封面紧密贴合，从而达到阻止介质流通的目的。当需要调节流体流量时，只需改变阀门的开度，即可实现对流体流量的精确控制。由于截止节流阀只允许介质单向流动，因此在安装时需要特别注意其方向性。

两相流特性概述：两相流，是指在一个系统中同时存在两种不同相态的物质（如液体和气体），并发生相互作用和混合流动的现象。这种流动现象在自然界和工程实践中都广泛存在，如大气尘埃流、海洋中泥砂运动与沉积等。随着现代工业技术的进步，两相流的研究逐渐深入，成为了一个涉及力学、数学、生物、材料、信息、计算机等多学科的交叉领域。在两相流系统中，液体和气体之间的相互作用会导致流体动力学特性的变化。例如，在液体雾化过程中，液滴的蒸发会导致系统中气体含量的增加，从而影响流体的流动特性和传热传质过程。因此，对两相流特性的研究具有重要的工程和科学意义。在两相流系统中，截止节流阀的应用也显得尤为重要^[1]。由于两相流系统中液体和气体的相互作用会导致流体动力学特性的变化，因此需要通过截止节

流来精确控制流体的流量和压力，以确保系统的稳定运行。截止节流阀在两相流系统中的应用还需要考虑其密封性能和耐腐蚀性能，以应对系统中可能出现的各种复杂工况。

2 截止节流阀两相流致噪声特性分析

2.1 两相流噪声的产生机理

在涉及两相流（如气体和液体同时存在）的工业流体系统中，截止节流阀的应用尤为关键。这些阀门在调节流体流量和压力的过程中，往往会产生不可忽视的噪声。这种噪声不仅影响工作环境，还可能对设备的长期稳定运行构成威胁。对截止节流阀两相流致噪声特性进行深入分析，显得尤为重要。两相流噪声的产生机理：两相流噪声主要源于流体在阀门内部的复杂流动过程。当气体和液体在阀门内部相遇并相互作用时，会产生一系列的动力学效应，从而导致噪声的产生。具体来说，两相流噪声的产生机理主要包括几个方面：（1）湍流噪声：在两相流系统中，由于液体和气体的流速、密度等物理性质存在差异，它们之间的相互作用会导致湍流的产生。湍流是一种高度复杂的流动现象，其中包含大量的旋涡和涡旋，这些旋涡和涡旋的相互作用会产生噪声。（2）相变噪声：在某些情况下，两相流中的液体可能会发生相变（如蒸发或冷凝），这个过程会伴随着能量的释放或吸收，从而产生噪声。（3）冲击噪声：当两相流流经阀门时，由于阀门内部结构的限制，流体可能会发生突然的加速或减速，从而产生冲击噪声。这种噪声通常具有较高的声压级，对周围环境的影响较大。（4）边界噪声：流体在流经阀门时，会与阀门内部的壁面发生接触和摩擦，从而产生边界噪声。这种噪声的声压级通常较低，但持续时间较长，也会对工作环境造成一定的影响。

2.2 影响截止节流阀噪声的因素分析

在流体控制系统中,截止节流阀作为调节流体流量和压力的关键元件,其性能直接影响到整个系统的运行效率。特别是在两相流系统中,截止节流阀的工作状态与噪声的产生有着密切的关系。对截止节流阀两相流致噪声特性进行深入分析,对于优化系统设计、降低噪声污染具有重要意义。两相流中液体和气体的流速、密度、粘度等物理性质的差异,会直接影响到流体在阀门内部的流动状态,进而对噪声的产生有显著影响。流速的增大和粘度的降低通常会加剧湍流的形成,导致噪声水平上升。截止节流阀的结构设计对噪声的产生也有重要影响。例如,阀门的开度、流道形状、密封方式等都会影响流体通过阀门时的流动状态,进而影响噪声的产生。合理的结构设计可以有效降低流体在阀门内部的冲击和湍流,从而降低噪声水平。操作条件也是影响截止节流阀噪声的重要因素。如阀门开启和关闭的速度、流体温度、压力等都会对噪声的产生有影响。缓慢的操作速度可以降低流体在阀门内部的冲击和湍流,从而降低噪声水平;而高温和高压条件可能会加剧流体的相变和湍流,导致噪声水平上升。阀门材料的选择也会影响噪声的产生。一些低噪声材料如橡胶、塑料等具有较好的吸音和隔振性能,可以降低噪声水平。而金属材料则可能因为硬度较高、振动传递性强而加剧噪声的产生。

2.3 噪声产生机理与流态特性的关联性讨论

在涉及两相流(即同时存在气体和液体的流动)的系统中,截止节流阀是控制流体流量和压力的关键组件。这类阀门在运行过程中往往伴随着噪声的产生,这不仅影响工作环境,还可能对设备的长期稳定运行带来挑战。为了深入理解这一现象,我们需要探讨噪声产生机理与流态特性之间的关联性。噪声产生机理:两相流在截止节流阀内部流动时,由于液体和气体的物理性质差异,以及它们之间复杂的相互作用,会产生一系列动力学效应,进而产生噪声。这些效应包括湍流、相变、冲击和边界摩擦等^[2]。湍流是流体在阀门内部形成的不规则流动,它会产生压力波动和速度脉动,进而产生噪声。相变过程中,液体或气体的状态变化会伴随着能量的释放或吸收,也会引起噪声。冲击噪声则是由于流体在阀门内部突然改变流动方向或速度而产生的。此外,流体与阀门壁面之间的边界摩擦也会产生噪声。流态特性:流态特性是指流体在管道或阀门内部的流动状态,包括流速、压力、密度、粘度等参数的变化。在两相流系统中,流态特性更加复杂,因为液体和气体的物理性质差异较大,它们之间的相互作用会导致流动状态的不稳定。流态特性的变化会直接影响到流体在阀门内部的流动行为,进而影响到噪声的产生。关联性讨

论:噪声产生机理与流态特性之间存在着密切的关联性。首先,流态特性的变化会直接影响到流体在阀门内部的流动状态,如流速、压力分布等。这些变化会进一步影响到流体动力学效应的产生,如湍流、相变等,从而影响到噪声的产生。例如,当流速增大时,湍流强度也会增加,从而导致噪声水平上升。其次,流体在阀门内部的流动状态也会反过来影响流态特性。这种相互影响的关系使得噪声产生机理与流态特性之间形成了复杂的反馈机制。

3 截止节流阀两相流致噪声特性的影响和改善

3.1 噪声对阀门系统性能的影响

在复杂的工业流体控制系统中,截止节流阀作为关键组件,其性能直接关联到整个系统的运行效率与稳定性。当截止节流阀在两相流环境中工作时,往往伴随着噪声的产生。这种噪声不仅会对工作环境造成不良影响,更重要的是,它还会对阀门系统性能产生多方面的负面影响。噪声对操作人员的身心健康构成威胁。长期处于高噪声环境中工作,操作人员可能会出现听力下降、头晕、耳鸣等症状,严重时甚至会影响到其工作效率和安全生产。噪声还可能引发操作人员的情绪波动,增加误操作的风险,对系统安全构成潜在威胁。噪声对阀门系统的机械性能也有显著影响,噪声的产生往往伴随着流体在阀门内部的冲击、湍流等动力学效应,这些效应会对阀门内部的零部件产生额外的应力,加速其磨损和老化。长期以往,可能导致阀门密封性能下降、泄漏增加,甚至引发严重的安全事故。噪声还会影响阀门系统的控制精度,在两相流系统中,流体的物理性质差异较大,流动状态复杂多变。噪声的产生会干扰传感器和测量仪器的正常工作,导致系统对流体流量、压力等参数的测量精度下降。这不仅会影响系统的控制效果,还可能引发系统的不稳定运行。

3.2 降噪方案与技术改进

为了降低截止节流阀两相流致噪声水平,需要采取一系列的降噪方案与技术改进。从源头控制噪声的产生,这包括优化阀门结构设计,减少流体在阀门内部的冲击和湍流;采用低噪声材料制造阀门零部件,降低噪声的传播;在阀门内部设置降噪装置,如消音器、减振器等,以降低噪声的产生。控制噪声的传播,这包括在阀门系统周围设置隔声屏障、吸声材料等,以减少噪声向周围环境的传播;采用管道减振技术,降低流体在管道中传输时产生的振动和噪声;对流体进行预处理,如降低流速、稳定压力等,以减少流体在阀门内部产生噪声的可能性。从接收端控制噪声的影响,这包括为操作人员提供耳塞、耳罩等个人防护用品,以减少噪声对操

作人员的影响；在控制室内设置隔音设备，降低噪声对控制系统的影响；对测量仪器和传感器进行校准和维护，以减少噪声对测量精度的影响。在技术改进方面，可以采用先进的数值模拟和实验测试技术，对阀门内部流态进行深入研究和分析，以优化阀门设计和降噪方案。结合现代控制技术和信息技术，实现对阀门系统的智能控制和远程监控，提高系统的控制精度和稳定性。

3.3 优化设计与效果评估

针对截止节流阀两相流致噪声问题，需要采取一系列优化设计措施，并通过实验测试和现场应用来评估其效果。在阀门设计阶段，应充分考虑流体性质、操作条件等因素对噪声的影响，采用低噪声设计理念和先进的设计方法，如流体力学仿真、结构优化等，以降低阀门内部流体的冲击和湍流，减少噪声的产生。在材料选择方面，应优先选用低噪声材料，如橡胶、塑料等，以降低噪声的传播和接收。对阀门内部的零部件进行精密加工和表面处理，以提高其耐磨性和抗腐蚀性，延长阀门的使用寿命^[3]。在实验测试阶段，可以采用声学测试技术、振动测试技术等手段对阀门系统进行全面测试和分析。通过对比不同设计方案下的噪声水平和系统性能参数，选择最优的设计方案。在现场应用阶段，应对阀门系统的运行情况进行实时监测和记录，收集运行数据并进行分析。根据分析结果对阀门系统进行必要的调整和优化，以提高其降噪效果和系统性能。对优化设计和降噪方案的效果进行定量评估。可以采用噪声测量仪器对阀门系统的噪声水平进行定期测量和记录，并与改进前的数据进行对比分析。

4 推动两相流致噪声特性研究的未来方向

推动两相流致噪声特性研究的未来方向将聚焦于多个关键领域，以实现更深入的理解、更有效的控制技术和更广泛的应用。多尺度、多物理场耦合机理研究：未来的研究将致力于揭示两相流中不同尺度、多物理场之间复杂的相互作用机理，包括流体动力学、声学、热力学等。通过深入探究这些机理，我们可以更准确地预测和控制两相流致噪声的产生和传播。先进数值模拟与实验技术：随着计算能力的提升和数值模拟技术的发展，

未来研究将借助高性能计算、人工智能等先进技术，开发更精确、更高效的数值模拟方法。实验技术也将不断创新，如使用粒子图像测速（PIV）、激光多普勒测速（LDV）等先进测量技术，以获取更准确的流场信息和噪声特性。智能降噪技术与优化设计：未来研究将关注智能降噪技术的开发，如基于机器学习的噪声预测与控制算法、自适应降噪系统等。同时，通过优化设计方法，如拓扑优化、参数化设计等，实现阀门等关键部件的低噪声设计。跨学科融合与创新：两相流致噪声特性研究涉及流体力学、声学、材料科学等多个学科领域^[4]。未来研究将加强跨学科融合，整合不同学科的理论、方法和技术，形成创新的研究思路和方法。工业应用与可持续发展：研究成果将更多地关注工业应用需求，为降低工业噪声污染、提高生产效率提供支持。同时，考虑环境保护和可持续发展的要求，研究将致力于开发环保、高效的降噪技术和解决方案。国际合作与交流：面对全球性的噪声污染问题，国际合作与交流将成为推动两相流致噪声特性研究的重要力量。

结束语

截止节流阀两相流致噪声特性的研究，不仅对于提高阀门系统性能至关重要，也对于保障工业生产环境的安全与舒适具有重要意义。展望未来，期待通过跨学科融合与创新，以及国际合作与交流，共同推动该领域的研究深入发展，为解决工业噪声污染问题贡献智慧和力量。让我们携手共进，为创造更加宁静、高效的工业生产环境而努力。

参考文献

- [1]陈胜.王军.张明杰.两相流噪声特性的数值模拟与实验研究[J].流体机械.2020.48(6):1-6.
- [2]李涛.周伟国.刘杰.截止节流阀两相流噪声优化设计及实验研究[J].噪声与振动控制.2019.39(2):94-98
- [3]王建强.赵春江.何秀华.两相流噪声产生机理及噪声特性研究[J].振动与冲击.2018.37(10):122-127.
- [4]马强.刘鹏.姜涛.截止节流阀两相流噪声特性影响因素分析及控制策略研究[J].中国机械工程.2021.32(1):45-51.