

# 流量对旋启式止回阀内部流场及应力影响研究

严纪超 吴星龙

中广核核电运营有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i2.12479

**[摘要]** 旋启式止回阀作为一种常见的止回阀类型,其工作性能直接影响到整个系统的稳定性和安全性。所以深入研究流量对旋启式止回阀内部流场及应力的影响,对于优化阀门设计,提高阀门的使用性能具有重要意义。研究表明流量的大小不仅会影响旋启式止回阀内部流场的分布特性,还会对应力分布产生显著影响。基于此本文将探讨流量对旋启式止回阀内部流场及应力的影响,期望为旋启式止回阀的设计和 optimization 提供理论依据。

**[关键词]** 旋启式止回阀; 流量; 流场; 应力

中图分类号: TK313 文献标识码: A

## Study on the influence of flow on internal flow field and stress of rotary check valve

Jichao Yan Xinglong Wu

CGN Nuclear Power Operation Co., LTD.

**[Abstract]** As a common type of check valve, the working performance of the swing check valve directly affects the stability and safety of the whole system. Therefore, it is of great significance to optimize the influence of the flow rate on the internal flow field and the stress of the rotary check valve and improve the performance of the valve. The results show that the size of the flow rate not only affects the distribution characteristics of the internal flow field, but also significantly affects the stress distribution. Based on this, this paper will discuss the influence of flow on the internal flow field and stress of the swing check valve, which is expected to provide a theoretical basis for the design and optimization of the swing check valve.

**[Key words]** swing check valve; flow; flow field; stress

## 引言

伴随着工业领域的快速发展,流体控制元件在各类工程中的应用日益广泛,其中止回阀作为一种重要的流体控制元件,它在管道系统中发挥着防止介质倒流、保护设备安全的关键作用。旋启式止回阀作为一种常见的止回阀类型,因其结构简单、动作灵活、密封性能好等特点,使其在石油、化工、供水等行业得到了广泛应用。但是在实际运行过程中流量对旋启式止回阀内部流场及应力的影响尚不明确,这就给止回阀的设计、制造及运行带来了诸多问题,所以深入研究流量对旋启式止回阀内部流场及应力的影响具有重要意义。

### 1 旋启式止回阀的工作原理及结构特点

#### 1.1 工作原理

旋启式止回阀的工作原理主要是基于流体的动能和阀瓣的自重它的工作涉及流体力学、机械力学等多个学科领域,主要包括流体的流动特性、阀瓣的运动规律以及阀体内压力分布等方面。具体来说,一方面当流体正向流动时动能使阀瓣打开,流体顺利通过。另一方面当流体反向流动时阀瓣在自重和流体压力

的作用下迅速关闭,阻止介质倒流,这一过程实现了止回阀防止介质倒流的功能。

#### 1.2 结构特点

旋启式止回阀的结构特点主要体现在以下几个方面:第一是旋启式止回阀采用阀瓣自重和流体压力来实现启闭,无需外部驱动装置,结构简单且维护方便。第二采用过盈配合,密封性能良好,泄漏量小。第三旋启式止回阀的阀瓣运动轨迹为旋转,它的启闭速度快,且动作平稳。第四旋启式止回阀的流道设计合理,阻力小,压力损失较小。

### 2 数值模拟方法

#### 2.1 计算流体力学(CFD)简介

计算流体力学(CFD)是一种利用数值分析和算法,对流体流动和热传递等物理现象进行模拟和研究的学科。CFD作为流体力学的一个分支,广泛应用于航空航天、船舶工程、汽车工程、建筑环境等领域。其主要目的是通过对流场进行数值模拟,预测流体流动和热传递过程,为工程设计提供理论依据。CFD的基本原理是将连续的流体流动和热传递过程离散化,通过求解控制流



导致流体在阀体内的流动方向发生改变,使得流速分布更加不均匀。

### 3.1.2 压力分布的变化

由于流量的增加,旋启式止回阀内部压力分布发生显著变化。具体来说,一方面在阀门开启初期,压力分布较为均匀,随着流量的增加,压力梯度逐渐加大,阀门内部压力分布不均匀。另一方面当流量达到一定值时阀门内部压力分布达到最大不均匀程度,此后流量继续增加,压力分布逐渐趋于均匀。

### 3.1.3 湍流强度的变化

流量对旋启式止回阀内部湍流强度的影响较大,湍流强度的变化对阀门内部流场稳定性产生影响,进而影响阀门的使用寿命。具体而言,其一在流量较小的情况下湍流强度较低,随着流量的增加,湍流强度逐渐增强。其二当流量达到一定值时湍流强度达到最大,此后流量继续增加,湍流强度增长速率逐渐减缓。

## 3.2 流量对应力分布的影响

### 3.2.1 阀体应力的变化

当流量发生变化时阀体内部流场也会发生相应变化,具体来说在流量较小时阀体内部的流速较慢,流线较为平顺,此时阀体承受的应力主要来自于流体的静压作用。随着流量的增加,流速加快,流线就会变得曲折,阀体受到的应力逐渐增加,尤其是流速达到临界值时阀体承受的应力最大。当流量继续增加,流速超过临界值,阀体受到的应力反而逐渐减小,直至稳定。基于此阀体应力的变化与流量呈非线性关系,流量越大,阀体应力越高。

### 3.2.2 阀瓣应力的变化

流量对阀瓣应力的变化同样具有显著影响,具体来说当流量增大时阀瓣受到的流体冲击力增强,使得阀瓣应力的最大值向流体入口端移动。此时阀瓣入口端的应力值较高,而出口端的应力值较低。随着流量的进一步增大,阀瓣应力的最大值逐渐向阀瓣中部转移,且整体应力分布更加均匀。当流量达到一定值时阀瓣应力的最大值出现在阀瓣中间位置,且应力分布达到最佳状态。流量继续增大,阀瓣应力的最大值又逐渐向出口端移动,但整体应力分布仍保持较为均匀。除此流量增大还会使阀瓣的振动加剧,可能导致阀瓣疲劳损伤<sup>[3]</sup>。

### 3.2.3 转轴应力的变化

流量对旋启式止回阀转轴应力的影响主要体现在以下几个方面:第一流量增加会导致转轴受到的流体动力作用力增大,从而使转轴承受的应力相应增加。第二流量增加会使转轴在旋转过程中受到的摩擦力增大,进一步影响转轴的应力分布。第三流量增加还会使转轴在启动和停止时受到的冲击力增大,从而使转轴应力在短时间内发生变化。具体来说,一方面当流量较小时转轴应力主要集中在转轴与轴承接触的部位。另一方面随着流量的增加,转轴应力逐渐向转轴中心扩展,且在转轴中心区域

的应力值较大。第四流量增加还会使转轴在启动和停止瞬间受到的冲击力增大,导致转轴应力在短时间内急剧上升,从而可能引发转轴疲劳损伤。

### 3.2.4 摇座螺栓应力的变化

在旋启式止回阀中,摇座螺栓承受着阀门的开启和关闭过程中产生的应力。当流量发生变化时摇座螺栓的应力分布也会相应发生变化,随着流量的增大,阀门的开启程度加大,使得摇座螺栓受到的拉应力逐渐增大。在流量达到一定值后螺栓应力达到最大值,此时若流量继续增大,螺栓应力将逐渐减小。这是因为流量增大到一定程度时阀门开启程度已接近最大,螺栓受到的拉应力不再明显增加。而在流量较小时螺栓应力较小,阀门开启程度较小,流体对阀门的冲击力较小,螺栓应力增长较缓慢。

### 3.2.5 摇臂应力的变化

流量对摇臂应力的影响同样显著,具体来说在流量较小的情况下摇臂承受的应力主要来自于流体的静压力,应力分布较为均匀。随着流量的增大,流体对摇臂的冲击力逐渐增强,摇臂承受的应力也随之增大。特别是在流量达到一定程度时摇臂承受的应力迅速上升,甚至可能导致摇臂产生变形或损坏。除此流量变化还会导致摇臂应力分布不均匀,使得摇臂在运行过程中容易产生疲劳损伤,降低其使用寿命。

## 4 总结

本文通过数值模拟方法,对流量对旋启式止回阀内部流场及应力的影响进行了研究,研究表明流量对旋启式止回阀内部流场及应力具有显著影响。随着流量的增大,止回阀内部流体的速度分布趋于均匀,压力波动增大。阀瓣和弹簧的应力分布逐渐均匀,弹簧应力减小,这就为优化止回阀设计提供了理论依据。但是本文的研究尚存在局限性,比如未考虑止回阀在复杂工况下的运行情况。在今后的研究过程中,就要进一步探讨止回阀在多种工况下的内部流场及应力特性,为工程应用提供更为全面的参考。

### [参考文献]

[1]卓俊宝.核电止回阀的流场分析与结构优化[D].兰州理工大学,2023.

[2]祁崇可,殷宇.核级主给水控制阀流道结构优化设计与分析[J].阀门,2020,(03):23-28.

[3]伍国果,虞明方,金容,等.轴流式止回阀内流场计算与分析[J].煤矿机械,2017,38(03):20-21.

### 作者简介:

严纪超(1990--),男,汉族,陕西渭南人,本科,工程师,研究方向:阀门维修。

吴星龙(1992--),男,汉族,四川岳池人,本科,工程师,研究方向:阀门管道维修。