

基于 SolidWorks Flow Simulation 的蝶式止回阀蝶板数值仿真及结构对比

撰文 / 郑州市郑蝶阀有限公司 刘晓凯 吉元鑫

运用计算流体分析软件 SolidWorks Flow Simulation, 对蝶式止回阀进行定常流动数值模拟仿真, 获得阀门在不同开度下内部流场的压力场和速度场。在相同工况下, 对比平板式蝶板和导流式蝶板对阀门内部流场的压力分布、速度分布和速度流线图的影响。结果表明: 在相同的工况下, 导流式蝶板的流阻小于平板式蝶板、流通能力优于平板式蝶板; 流体对导流式蝶板产生的动水力矩大于平板式蝶板, 使蝶板能达到更大开度, 降低管网损耗。

一、引言

蝶式止回阀(以下简称止回阀)由于结构简单、重量轻、流阻小且维护方便在泵站输水系统中大量应用。在一般工业供水系统中, 设备功率的消耗主要是克服阀门、管件的阻力损耗。止回阀安装在泵的出口处, 蝶板的开启由流体驱动, 蝶板的结构形式及开启的角度对水泵功率的损失有直接影响。

本文运用 SolidWorks Flow Simulation 对公称口径 DN800、公称压力 PN10 的止回阀在不同开度下平板式蝶板和导流式蝶板的内部流场进行了数值仿真, 通过对比分析不同结构形式的蝶板对阀内部流场的影响, 探讨在设计中减小止回阀的流阻, 增大蝶板开启角度的最优结构, 为止回阀的优化设计提供相应的依据。

二、止回阀的结构

止回阀的结构如图 1 所示, 它具有两个偏心, 由图中的 a、b 表示, 其中, a 为第一偏心, 表示蝶板回转中心与止回阀密封面之间的轴向距离; b 为第二偏心, 表示蝶板的回转中心与阀体中线线之间的轴向距离。由于第二偏心的存在, 使蝶板能够快速脱离阀座并达到最大开度。

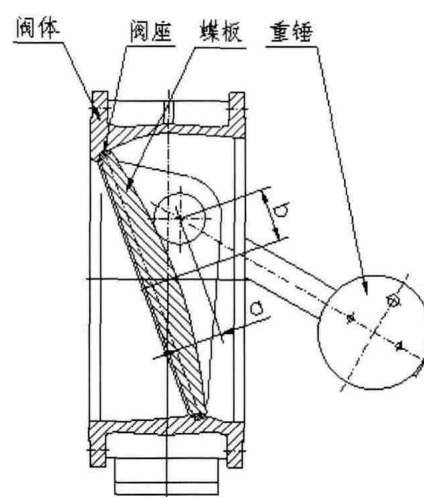


图 1 止回阀结构示意图

三、止回阀内部流场的数值仿真

1. 控制方程

止回阀内部流体流动状态非常复杂, 可视作湍流三元定常流动, 使用不可压缩流动的雷诺方程组与标准 $k-\varepsilon$ 湍流模型, 流动的介质为水, 常温 20℃。

2. 止回阀模型、初始条件及网格划分

建立止回阀的三维模型, 根据“GB/T30832-2014

阀门流量系数和流阻系数试验方法”的规定，取止回阀的阀前管道长度 $L_1=5D$ (D 为管道直径)，阀后管道长度 $L_2=10D$ ，作为流体计算区域。采用速度进口边界条件 $V=2\text{m/s}$ 和自由出口边界条件，忽略重力对流场的影响。采用结构网格有限体积法对控制方程组进行离散，在计算过程中，运用自适应网格技术对流场进行调整使其更准确的模拟流动。两种蝶板的三维模型如图 2 所示，流场计算域如图 3 所示。

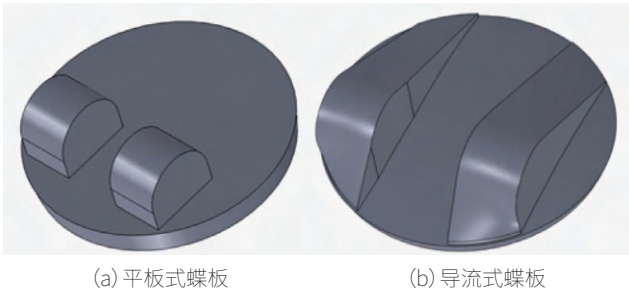
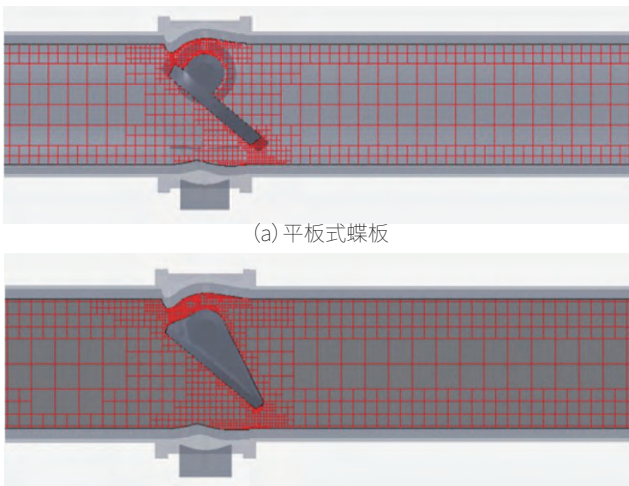


图 2 两种蝶板的三维模型



(b) 导流式蝶板

图 3 两种蝶阀的内部流场计算域

四、止回阀内部流场数值仿真及结果分析

通过对两种结构形式蝶板在不同开度下内部流场的数值仿真，得到相应的压力场分布图、流场分布图和流线分布图。图 4 为两种结构形式的蝶板在 30° 、 60° 和 90° 开度下压力场的分布图。

1. 平板式蝶板内部流场分析

平板式蝶板的内部流场如图 4 所示，蝶板开度为 30° 时，蝶板前后侧压力分布不均匀，管道平均流速很小，由

于钝体扰流作用，蝶板轴毂背水面开始产生漩涡；在蝶板开度为 60° 时，蝶板前后侧压力逐渐平稳，流速明显减小，低压区域主要集中在蝶板轴毂背水面，并形成漩涡，对蝶板产生较大的扰动；在蝶板开度为 90° 时，蝶板前后侧压力分布比较均匀，由于蝶板轴毂对流体的阻碍，轴毂迎水面压力大，流速低，轴毂和阀体之间的狭窄通道流速最大，压力最小，轴毂背水面压力逐渐升高使流体获得与主流反向的加速度，由于流体的逆向运动，在蝶板背部产生漩涡，消耗流体的机械能，增大阻力损失。

2. 导流式蝶板内部流场分析

导流式蝶板的内部流场如图 4 所示，蝶板开度为 30° 时，蝶板上游侧和下游侧压差很大，管道平均流速很小，蝶板边缘和阀体的狭小通道流速很大，由于导流体的导流作用，蝶板背部没有产生漩涡，导流体背水面流态比平板式蝶板轴毂背水面平稳；在蝶板开度为 60° 时，蝶板前后侧压力逐渐平稳，流体流过导流体后，蝶板上下游侧压力变化不大，流速相对平稳，没有产生漩涡；在蝶板开度为 90° 时，压力和速度分布均匀，流态平稳，导流体的迎水面和背水面压力差很小，流速平稳，没有漩涡的形成，阻力损失比平板式蝶板小。

3. 流阻系数 ζ

流阻系数表征阀门的流通能力，流阻系数越小，流经阀门时的压力损失越小，管网消耗的功率也越小，流阻系数 ζ 为：

$$\zeta = \frac{2\Delta p}{\rho v^2}$$

式中， ζ 为流阻系数； Δp 为压力损失，水流经阀门的压力降，Pa； ρ 为介质密度， kg/m^3 ； v 为介质速度， m/s 。

蝶板不同开度下，两种不同结构形式蝶板的止回阀流阻系数如表所示。

表 两种不同结构形式的蝶板流阻系数对比

蝶板开度	ζ		$\Delta\zeta/\%$
	平板式蝶板	导流式蝶板	
20°	287.3	357.9	-4.5
30°	54.7	70.9	-22.8
40°	25.3	22.5	12.4
50°	10.5	8.9	18.0
60°	4.5	3.7	21.6
70°	2.1	1.7	23.5
80°	1.0	0.8	25
90°	0.6	0.5	20

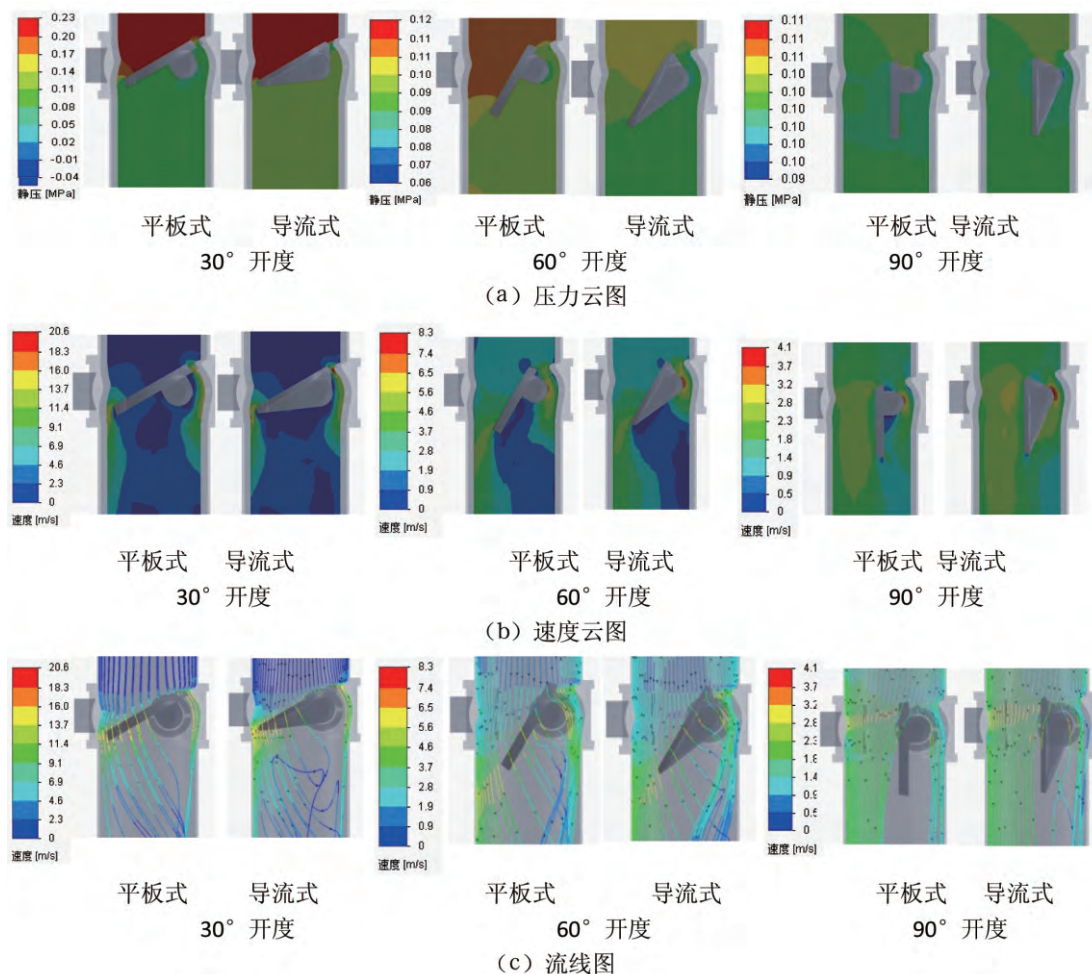


图4 两种蝶板不同开度下的流场分布图

由表可以看出,平板式蝶板和导流式蝶板相比,在蝶板开度小于 30° 的情况下,导流式蝶板的流阻大于平板式蝶板;随着阀门开度的增加,当蝶板开度大于 40° 时,导流式蝶板的流阻小于平板式蝶板,流阻最大减小幅度达到了 23.5%,流通能力优于平板式蝶板。止回阀在工作中蝶板都处在大开度的位置,因此,导流式蝶板的节能效果优于平板式蝶板。

4. 动水力矩 T_d

动水力矩是止回阀设计的一个重要参数,在泵的扬程和流量不变的情况下,作用在蝶板上的动水力矩越大,止回阀的开启角度越大,流阻越小。通过计算两种结构形式蝶板不同开度下的动水力矩,得出止回阀的最大开度。动水力矩 T_d 为:

$$T_d = C_m \cdot \Delta_p \cdot D^3$$

式中, T_d 为动水力矩, $\text{N} \cdot \text{m}$; C_m 为动水力矩系数,无量纲常数; Δ_p 为压力损失,水流经阀门的压力降, Pa ; D 为阀门公称通径, m 。

在 SolidWorks Flow Simulation 求解目标中,插入表面目标,在“选择”对话框中选择蝶板的所有外表面,在“参数”对话框中选择“扭矩(坐标轴)”,在“结果”的“目标图”中得到流体对蝶板的动水力矩。

蝶板在不同开度下,两种不同结构形式蝶板的止回阀动水力矩如图 5 中所示。

从图 5 中可以看出,两种结构形式的蝶板从关闭到开启的过程中,动水力矩呈单调递减的规律,在小开度的情况下,由于蝶板上下面压差很大,对蝶板产生的动水力矩

基于三维数据的工艺设计及管理

撰文 / 广州宇喜资讯科技有限公司 王学典 岑青山

以某专用车公司的设计流程为例，在现有 PDM 系统的基础上通过二次开发，以设计输出的三维模型为基础，实现工艺流程控制，工艺路线及卡片编制，工艺数据及资源管理，为同行业产品的工艺设计及管理提供借鉴。

一、引言

随着企业信息化的持续发展，越来越多的离散制造型企业从二维设计模式过渡到全三维设计模式。三维设计的参数化、可视化和分析验证等功能大幅提高了企业的设计效率、研发及创新能力。

但是，由于原有的工艺管理应用工具是基于二维设计的基础上实现的，无法享受到三维设计带来的便利性，数据缺乏关联性。大多数企业的工艺解决方案是工艺人员以设计

人员输出的设计数据为依据，生成所需要的工艺步骤及路线。由此造成设计与工艺脱节，设计数据不符合工艺要求，设计数据根据工艺要求更改的时间滞后；三维设计数据与工艺数据不能实现参数联动和同步更新等问题。

本文以某专用车公司为例，介绍如何通过 SolidWorks EPDM 系统及工艺模块的开发，实现产品设计及工艺流程控制，工艺路线卡片编制，真正实现三维环境下的设计与工艺参数关联及动态变化更新。

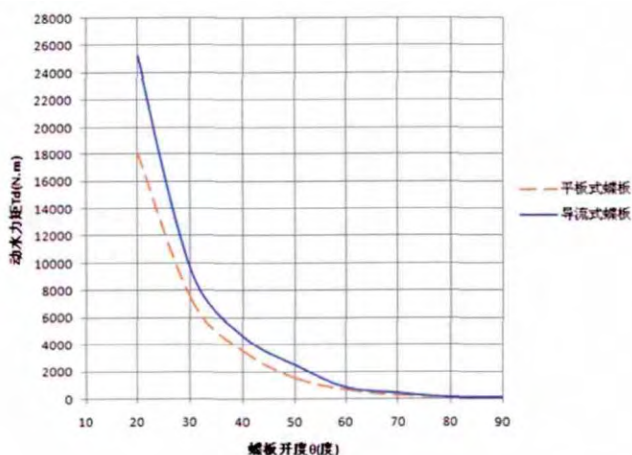


图5 两种不同结构形式的蝶阀动水力矩对比

也就很大，随着角度的逐渐增大，蝶板的上下面压差逐渐减小，在蝶板全开 90° 时最小。在蝶板的不同开启角度，流体对导流式蝶阀产生的动水力矩大于平板式蝶阀，这是因为导流式蝶阀的剖面为翼型，蝶板背部的导流体比较突出，流通截面比平板式蝶阀小，流速快，压力低，相比平

板式蝶阀能产生更大的动水力矩。

五、结语

通过分析上述两种不同结构形式在不同开度下的内部流场，可以得出两个结论。

(1) 在止回阀蝶阀开度大于 40° 时，导流式蝶阀的过流特性优于平板式蝶阀，流体流经导流式蝶阀后产生的漩涡少，对流体扰动小，流阻系数小于单平板蝶阀。

(2) 在蝶阀的不同开度下，瞬态分析两种蝶阀在相同工况下的动水力矩，结果表明流体对导流式蝶阀产生的动水力矩大于平板式蝶阀。由于止回阀的开启完全由流体提供动力，采用导流式蝶阀的设计能增大止回阀的开启角度，降低管网损耗，提高水泵的效率。IM