

# 锥台形液压锥阀过流面积 CFD 可视化计算\*

郑淑娟<sup>1,2</sup> 权龙<sup>1</sup>

(1. 太原理工大学新型传感器与智能控制教育部重点实验室, 太原 030024;

2. 华北水利水电大学机械学院, 郑州 450001)

**摘要:** 针对液压插装阀的主阀都采用平底断面,但在计算流量时却采用按完整锥面锥阀导出的过流面积计算公式,从而造成非常大的计算误差、不能准确指导设计的问题,采用 CFD 流场可视化仿真对锥台形锥阀的出流特性进行了研究。通过分析阀内流场参数分布特征,判断锥阀过流断面位置,提出了转折开口度的概念。得出锥台形锥阀的阀芯在大行程范围移动时过流断面面积变化存在关键的转折点,不同行程范围不同内外流流动状况过流断面位置不同,相对应的面积计算公式也不同。采用新的面积计算公式,可以比较准确地计算锥台形锥阀的过流面积和通过阀的流量。同时,对比内外流流动状况的阀内流场特征,结合确立的过流断面,指出对于锥台形锥阀流动应考虑孔口节流损失和进出阀口局部损失的混合作用,内外流流动时进出阀口局部损失的不同是内外流流量特性不同的根源。

**关键词:** 锥台形锥阀 过流断面 可视化

**中图分类号:** TH137 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)04-0327-07

## 引言

液压阀作为控制元件,驱使阀芯相对阀体产生位移,改变阀口过流断面面积,来控制液流的流动。可见,阀口过流断面面积直接影响阀过流特性的计算。很多文献对不同类型阀或节流槽的过流特性进行了研究<sup>[1-8]</sup>。锥阀作为控制的基础元件,通流面积大,密封性能好,广泛使用于各类控制阀中,尤其在插装阀中更是普遍使用。液压插装阀的主阀都是锥台形锥阀。但是在工程实际中,无论是全锥锥阀还是阀芯锥部被截短的锥台形锥阀,无论锥阀是内流还是外流流动,锥阀过流断面的确立及其面积计算采用的都是相同的计算公式。这个计算公式是按全锥锥阀情况推导得出的,是以阀体底部通孔作为基圆,以阀体直角顶点到阀芯锥部的垂线为母线的圆台的侧表面面积。但是对于锥台形锥阀大行程时阀体直角顶点到阀芯锥部作垂线时垂足不能落在阀芯锥部上,此圆台是不存在的。锥台形锥阀在计算流量时采用按完整锥面锥阀导出的过流面积计算公式,会造成非常大的计算误差,不能准确指导锥阀的设计及计算。

国内外对锥阀阀口过流特性的研究很

多<sup>[3-4,9-15]</sup>,但主要集中在阀芯行程较小的区域。阀芯行程较大时的锥阀流量特性无相关文献提及,存在很大的近似性和模糊性。通过 CFD 仿真得到锥阀特性及锥阀流场参数的研究已经很成熟,很多文献<sup>[13-20]</sup>已经验证了其可行性。笔者也已进行了很多流场仿真研究工作<sup>[1,3-4,11]</sup>。本文采用 CFD 流场可视化仿真对锥台形锥阀的出流特性进行研究。

## 1 锥阀的建模与仿真计算条件

图 1 为锥阀结构示意图。传统公式中将锥阀阀口过流断面看成是以阀体底部通孔(直径为  $d_2$ )作为基圆,以阀体直角顶点到阀芯锥部的垂线为母线(ZA, 对应开口度  $x_1$ )的圆台的侧表面,由此确定出阀口过流面积的解析表达式。因此阀口的位置是固定的,只是母线长度不同,面积不同。

但是对于锥台形锥阀,将此圆台面积作为阀口过流面积,只能针对阀芯行程较小的范围。从图 1 中可得知阀芯在 2 以上的位置,即开口度较大(大于  $x_2$ )时,阀座直角点 Z 到阀锥部的垂足 C 不在实体上,即圆台是不存在的,所以传统阀口面积公式已经不适用了。如果仍以传统公式计算,显然不合理。

为便于比较分析,仿真模型取阀芯锥部完整的

收稿日期: 2013-05-07 修回日期: 2013-06-24

\* 国家自然科学基金资助项目(61175362)和太原理工大学新型传感器与智能控制教育部重点实验室开放课题基金资助项目(201308)

作者简介: 郑淑娟, 博士生, 华北水利水电大学讲师, 主要从事流场建模与仿真技术研究, E-mail: zsj@ncwu.edu.cn

通讯作者: 权龙, 教授, 博士生导师, 主要从事电液伺服及比例控制技术研究, E-mail: quanlong@tyut.edu.cn

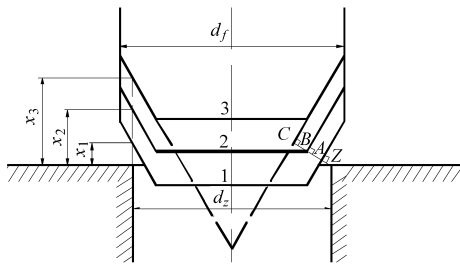


图1 锥阀结构示意图

Fig.1 Structural representation of poppet valve

全锥锥阀和锥部高度为 2.8 mm 的锥台形锥阀, 阀芯半锥角取为  $30^\circ$ , 阀座通径为 16 cm。图 2 为建立的锥台形锥阀几何模型。为了更好地体现阀芯锥部结构不同的锥阀流场特性, 将阀的进出口长度取为对应通孔直径的 4 倍, 这样可以使得进出锥部阀口处的流动为充分流动。本文采用面向 CFD 的前处理器 Gambit 建立锥阀三维轴对称模型和网格划分。考虑到计算机运行时间和存储容量, 在入口和出口处采用较粗的网格, 在研究的关键区域阀口处进行局部细化, 并在计算时以压力梯度为自适应函数, 进行网格自适应细化。

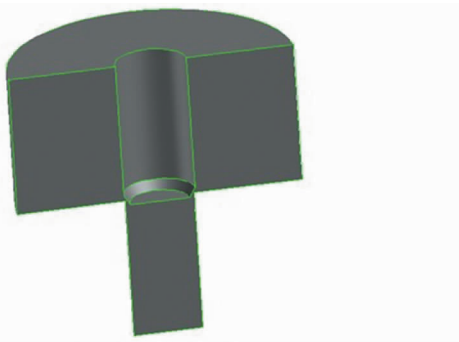


图2 锥台形锥阀几何模型

Fig.2 Geometric model of truncated poppet valve

利用 CFD 仿真软件 Fluent 进行仿真计算, 阀芯开口度取 0.5 ~ 8.0 mm 的大行程范围。进出口边界条件取为压力入口和压力出口, 并对锥阀内流式和外流式两种流动状态都进行了分析。

在计算过程中对计算模型和流动状态进行了如下设置: 流动状态为紊流, 采用标准  $k-\varepsilon$  紊流模型; 流场中的流动是单相流; 流体与壁面接触的边界为静止壁面。

## 2 过流断面的流场解析

通过对锥阀流场进行 CFD 仿真计算, 分析研究锥阀内部流场特点, 从流场的角度研究锥阀在不同行程时的阀口过流特性。基于流场分析, 确立阀芯在不同开口度时锥阀的过流断面位置和面积。

由于锥阀是三维轴对称模型, 所以只给出阀芯轴对称面的流场参数分布图。图 3 和图 4 分别为全

锥锥阀和锥台形锥阀在内外流流动状态的对称面速度矢量图。

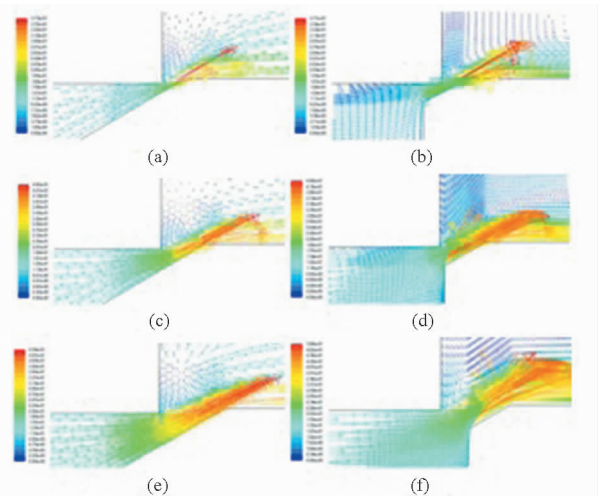


图3 外流流动速度矢量图

Fig.3 Velocity distribution of diverging flow

- (a) 全锥锥阀, 开口度 1.0 mm (b) 锥台形锥阀, 开口度 1.0 mm  
(c) 全锥锥阀, 开口度 2.5 mm (d) 锥台形锥阀, 开口度 2.5 mm  
(e) 全锥锥阀, 开口度 4.0 mm (f) 锥台形锥阀, 开口度 4.0 mm

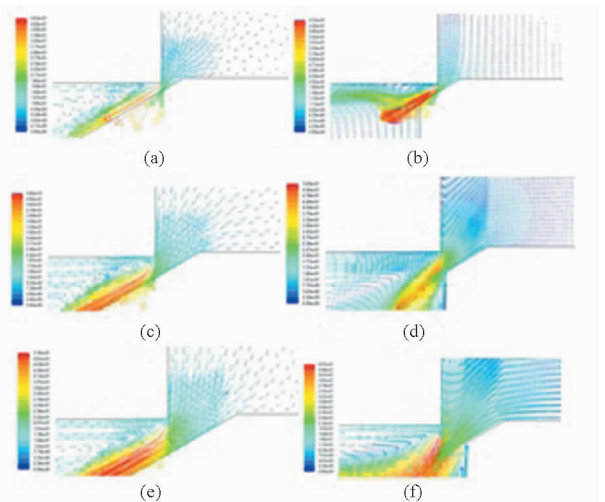


图4 内流流动速度矢量图

Fig.4 Velocity distribution of converging flow

- (a) 全锥锥阀, 开口度 1.0 mm (b) 锥台形锥阀, 开口度 1.0 mm  
(c) 全锥锥阀, 开口度 2.5 mm (d) 锥台形锥阀, 开口度 2.5 mm  
(e) 全锥锥阀, 开口度 4.0 mm (f) 锥台形锥阀, 开口度 4.0 mm

从图 3a、3b、4a 和 4b 中可看出在开口度较小时, 两种锥阀速度矢量相差不大, 由于阀芯锥部的导流作用, 最大速度的速度方向与阀芯锥部平行, 无论内外流状况, 两种锥阀过流断面都相同。在开口度较大时, 全锥锥阀 (图 3c、3e、4c、4e) 过流断面位置几乎不变, 最大速度方向仍与阀芯锥部平行。锥台形锥阀的阀芯锥部已全部处于阀口一侧, 内外流出现区别。外流流动 (图 3d、3f) 时下游有阀芯锥部导流作用, 与全锥锥阀相比, 速度最大值的方向由于下游阀芯锥部的导流作用保持不变, 但由于锥阀阀口

入口处无锥阀阀芯的导流作用,过流断面位置向后迁移。内流流动(图 4d、4f)时,液流流出阀口位置无阀芯锥部导向为扩散流动,最大速度方向大于阀芯半锥角。

图 5 为锥台形锥阀和全锥锥阀小开口度时内外流流动流线图,图 6 为锥台形锥阀和全锥锥阀大开口度时内外流流动流线图。流线图显示了流线的收缩位置,即过流断面位置。

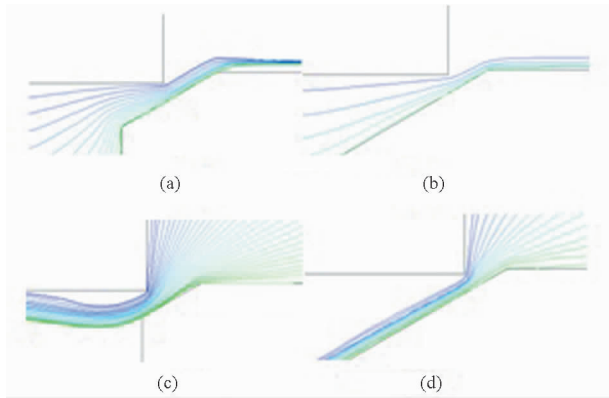


图 5 不同锥阀小开口度内外流流动流线图

Fig.5 Streamlined diagram for small stroke

- (a) 锥台形锥阀外流流动 (b) 全锥锥阀外流流动
- (c) 锥台形锥阀内流流动 (d) 全锥锥阀内流流动

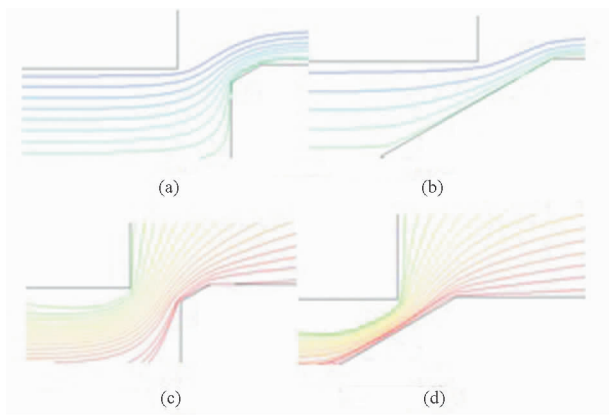


图 6 不同锥阀大开口度内外流流动流线图

Fig.6 Streamlined diagram for large stroke

- (a) 锥台形锥阀外流流动 (b) 全锥锥阀外流流动
- (c) 锥台形锥阀内流流动 (d) 全锥锥阀内流流动

根据流量连续性方程,过流断面处过流面积最小,液流速度最大,故根据等速线的位置可确定锥阀过流断面位置,在此通过速度轮廓图更明确地表示出锥阀过流断面位置。图 7 为锥台形锥阀外流流动、开口度为 3.5 mm 时的轴对称面速度轮廓图。从图中可看出锥阀过流断面是以阀芯锥部的底端圆为基圆,过阀座直角顶点作阀芯锥部的平行线 MN,阀芯锥部与此平行线的距离 AB 为母线的圆台侧面。

图 8 为锥台形锥阀内流流动、开口度为 3.5 mm

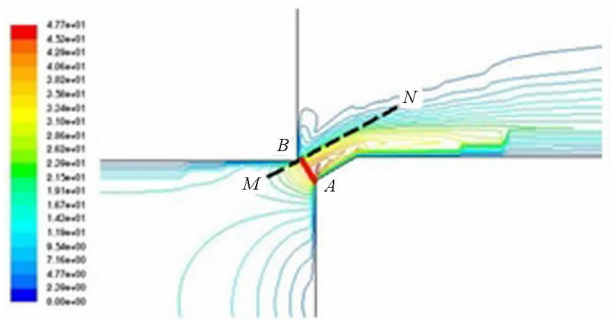


图 7 外流速度轮廓图

Fig.7 Velocity contour of diverging flow

时的轴对称面速度轮廓图,可确定出过流断面位置是以阀座通孔为基圆,阀座直角顶点与阀芯锥部底端的顶点连线 EF 为母线的圆台侧面。

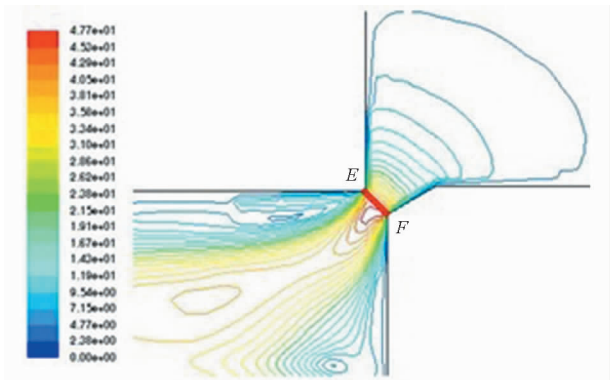


图 8 内流速度轮廓图

Fig.8 Velocity contour of converging flow

综上所述,在整个行程范围内,全锥锥阀内外流流动状况过流断面位置相同,以阀座孔为基圆,阀座直角顶点到阀芯锥部的垂线为母线的圆台侧面积计算,锥台形锥阀的变化很大。锥台形锥阀在小开口度时,无论内外流流动都与全锥锥阀相同。大开口度时,出现了区别。外流流动时的过流断面也是垂直阀芯锥部,但位置发生了变化,是以阀芯锥部的底端圆为基圆,过阀座直角顶点作阀芯锥部的平行线,阀芯锥部与此平行线的距离为母线的圆台侧面。内流流动时,过流断面是以阀座通孔为基圆,阀座直角顶点与阀芯锥部底端的顶点连线为母线的圆台侧面。大开口度时锥台形锥阀的过流断面位置发生了明显变化,过流断面面积明显增大。

图 9 给出了外流流动锥台形锥阀和全锥锥阀不同开口度时的轴对称面压力轮廓图。从图 9a、9b 中可以看出,在开口度较小时,2 种锥阀流场分布近似相同,压力最低点所在位置一致。随着开口度的增大,见图 9c、9d,压力分布出现显著不同,这主要是受阀芯锥部高度的影响。不难发现,由于全锥锥阀的阀芯是完整锥部,液流进入阀口时由于锥部的导流作用,进口与阀口过流断面间的压降分布在阀芯锥部上,压力过渡平缓。锥台形锥阀在大开口度时,

阀芯锥部处于阀口下游,压降集中在阀口部位,体现了两种锥阀进口局部损失的不同。

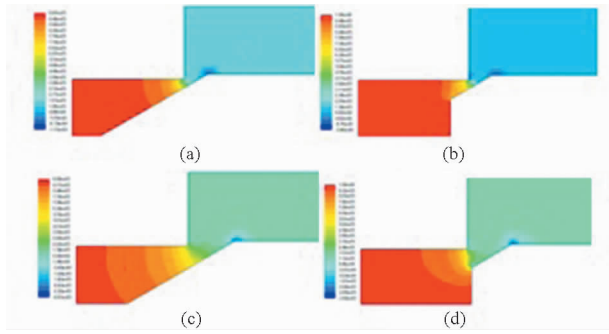


图9 外流压力轮廓图

Fig. 9 Pressure contour of diverging flow

- (a) 全锥锥阀,开口度 1.0 mm (b) 锥台形锥阀,开口度 1.0 mm  
(c) 全锥锥阀,开口度 2.5 mm (d) 锥台形锥阀,开口度 2.5 mm

图10为内流流动时的轴对称面压力轮廓图。流出阀口时,全锥锥阀(图10a)压降分布在整个阀芯锥部。锥台形锥阀(图10b)压力很快降到了出口压力,两者是出口局部损失不同。正是局部损失的不同也造成了锥台形锥阀内外流流动状况的不同。全锥锥阀不管内外流流动,进出口都有锥部的导流作用,局部损失相近,所以差别较小。锥台形锥阀在开口度大时阀芯锥部处于阀口的一侧,内外流时局部损失位置截然不同,两者过流断面位置不同。所以对于锥阀通流孔应同时考虑孔口节流损失和进出口局部损失的混合作用。在不同开口度时,锥部处于节流口上下游的位置变化,局部损失变化,反映在流场中可以看到锥部导流作用不同,造成流动的差别。

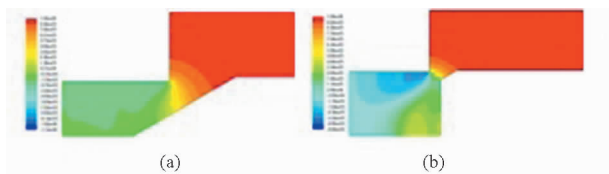
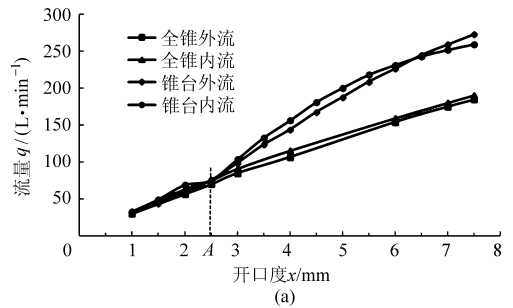


图10 内流压力轮廓图

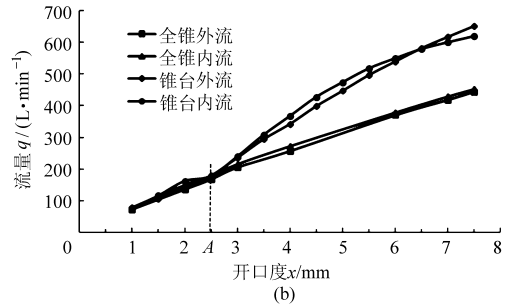
Fig. 10 Pressure contour of converging flow

- (a) 全锥锥阀,开口度 4.0 mm (b) 锥台形锥阀,开口度 4.0 mm

图11为仿真得出的不同阀芯结构,锥阀内外流流动时通过锥阀的流量随开口度变化的曲线。从图可见,锥台形锥阀和全锥锥阀流量变化趋势有明显区别,锥台形锥阀流量曲线有一个斜率突变点(A点),A点之前两种锥阀流量差别不大,A点之后锥台形锥阀流量明显大于全锥锥阀流量,与前面通过分析锥阀内部流场参数分布特性得到的过流断面面积变化规律相对应。说明转折点后,过流面积明显增大,不能按与全锥锥阀相同的公式计算。在此定义斜率突变点对应的开口度为转折开口度。



(a)



(b)

图11 流量随开口度的变化曲线

Fig. 11 Flow rate curve

- (a) 压差为 1 MPa (b) 压差为 5 MPa

### 3 过流断面的计算

基于得到的锥阀流场解析确定的过流断面位置,给出全锥锥阀和锥台形锥阀不同内外流流动时的过流断面的解析公式。图12为阀口过流断面面积计算示意图。

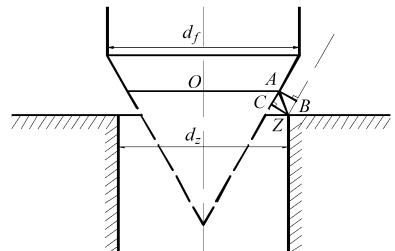


图12 过流断面面积计算示意图

Fig. 12 Calculation diagram of cross section

#### 3.1 全锥锥阀

无论内外流,在本文研究的整个阀芯行程范围内,全锥锥阀过流断面位置不变。图12中,以阀座孔为基圆(直径为 $d_z$ ),以阀座的直角顶点到阀芯锥部的垂线(直线 $ZC$ )为母线的圆台侧面作为阀口过流断面,面积计算公式为<sup>[10]</sup>

$$S = \pi d_z x \sin \alpha \left( 1 - \frac{x}{d_z} \sin \alpha \cos \alpha \right) \quad (1)$$

式中  $\alpha$ ——阀芯半锥角

#### 3.2 锥台形锥阀

根据锥阀流场解析结果,计算锥台形锥阀过流断面应按阀芯开口度值分成两个区段,区分点对应的转折开口度为



$$x_i = \frac{d_z - d_f + 2H \tan \alpha}{\sin(2\alpha)} \quad (2)$$

式中  $d_f$ ——阀芯直径  $H$ ——阀芯锥部高度

第1区段阀芯开度小于  $x_i$ , 第2区段阀芯开度在  $x_i$  以上, 不同区段分别进行阀口过流断面的面积计算。此转折点与阀芯锥部高度有关。

### 3.2.1 第1区段

这一区段, 阀开口度较小(开口度小于  $x_i$  的行程范围), 阀座直角顶点对阀芯锥部作垂线, 垂足能够落在阀芯锥部上。面积计算公式与全锥锥阀相同, 采用式(1)。

### 3.2.2 第2区段

阀芯开度较大(大于  $x_i$ )时, 阀座直角顶点对阀芯锥部作垂线的垂足不能落在阀芯锥部上, 为面积计算的第2区段, 此时显然不能按照传统公式进行计算。根据图7、9分析得知, 内外流状况过流断面位置也不相同, 需分别计算。

#### (1) 外流流动状况

根据图12, 外流流动过流断面面积为以阀芯锥部的底端圆(半径  $OA$ )为基圆, 过阀座直角顶点作阀芯锥部的平行线  $MN$ , 阀芯锥部与此平行线的距离( $AB$ )为母线的圆台侧面积为

$$S_{lw} = \pi(x \sin \alpha \cos \alpha + d_f - 2H \tan \alpha)x \sin \alpha \quad (3)$$

#### (2) 内流流动状况

结合流场解析图8, 根据图12示意图, 这时的过流面积为以阀座通孔为基圆(直径为  $d_z$ ), 以阀座直角端点与阀芯锥部下端的连线(直线  $ZA$ )为母线的圆台侧面积为

$$S_{ln} = \pi \left( \frac{d_z + d_f - 2H \tan \alpha}{2} \right) l \quad (4)$$

其中

$$l = \sqrt{\left( x - \frac{d_z - d_f + 2H \tan \alpha}{2 \tan \alpha} \right)^2 + \left( \frac{d_z - d_f + 2H \tan \alpha}{2} \right)^2} \quad (5)$$

式中  $l$ ——侧面积为  $S_l$  的圆台母线长度

无论哪种情况, 如果计算得到的圆台侧面积大于阀座通孔面积, 此时锥阀的节流作用消失, 过流面积以阀座通孔(直径为  $d_z$ )面积计算。

图13为全锥锥阀和锥台形锥阀在不同流动状况时阀芯过流面积的计算值随开口度的变化曲线。可以看出开口度大于转折开口度之后, 如仍以传统公式计算的过流面积作为大开口度时的过流面积, 误差很大, 可达到30%以上, 是不合适的。

结合转折开口度随阀芯半锥角及阀芯锥部高度变化的规律, 通过选取不同的阀芯锥部高度及阀芯

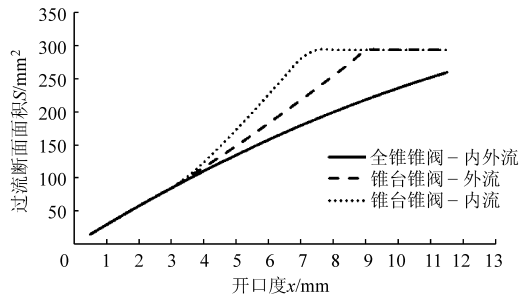


图13 过流断面面积曲线

Fig. 13 Area curve of cross section

半锥角可获得不同的阀口面积曲线, 相当于给出了不同的阀口造形, 以使用来满足不同类型控制阀阀口造形的选择原则要求的阀口面积曲线。

在实际使用中由于阀口压力变化梯度大, 只能通过检测阀进出口处的压力来计算流量, 本文建立的锥阀模型进出口位置距阀口处为阀孔直径的4倍, 虽然这种情况下流量系数包含了阀内流道的多处压力损失会有所不同<sup>[11]</sup>, 但这有助于计算流量系数时压力的选取和测量, 更有利于推广。

图14为不同内外流流动状况, 全锥锥阀和

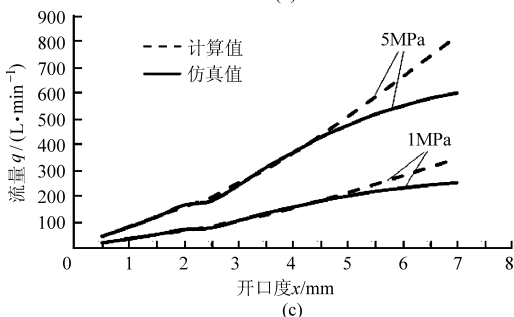
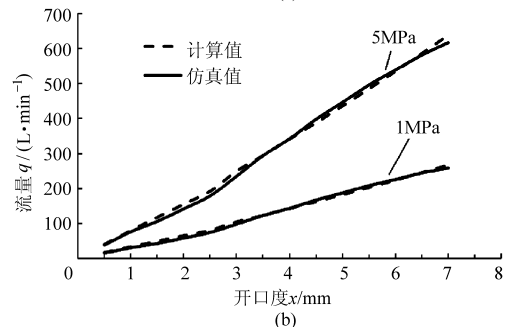
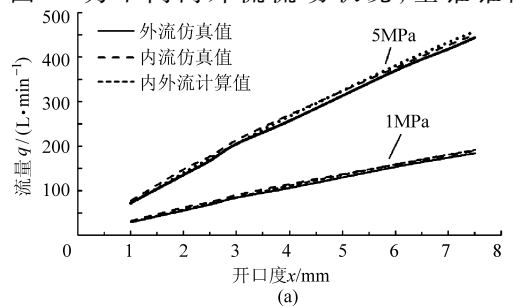


图14 流量计算值与仿真值随开口度的变化曲线

Fig. 14 Flow rate with opening as a parameter

(a) 全锥锥阀内外流 (b) 锥台形锥阀外流

(c) 锥台形锥阀内流

锥台形锥阀锥阀流量的计算值与仿真值随阀芯开口度变化的曲线。流量的计算值是按薄壁小孔孔口流量公式计算,其中过流断面面积按本文提出的计算方法计算得出,全锥阀的流量系数取0.38,锥台形锥阀的流量系数在开口度小于转折开口度前取0.42,大于转折开口度之后取0.46。图14a和图14b中仿真结果与计算结果相吻合,验证了过流断面面积推导的正确性。图14c在很大范围内计算值与仿真值结果一致。但在开口度很大时,出现了差值,结合图13可知,原因是在开口度很大时,计算的节流口面积接近于阀通孔面积,节流作用相对减弱,薄壁小孔流量公式不再适合于阀口流量计算,应予以修正。对于锥台形锥阀外流流动情况在行程很大时也需修正,只不过锥台形锥阀阀口过流断面面积接近阀通孔面积时对应的开口度更大(图14),接近于9 mm左右。

## 4 结论

(1) 提出了转折开口度的概念。阀芯行程大时,应以本文提供的方法确立过流断面位置和计算过流断面面积。计算面积时,应首先确立转折开口度,将行程分成两个区段,第1区段与全锥锥阀相同,第2区段对于内外流两种流动状况应采用不同的计算公式。可根据设计要求,改变锥阀阀芯锥部高度或阀芯半锥角,获得不同的阀口面积曲线。

(2) 通过流场分析得出,对于锥台形锥阀通流孔应考虑孔口节流损失和进出阀口局部损失的混合作用。进出阀口局部损失的不同不仅造成了全锥锥阀和锥台形锥阀的流场特性区别,同时也是锥阀内外流流动状况不同的根源。在不同开口度时,阀芯锥部处于节流口上下端的位置比例变化,局部损失变化,流场特性就会不同,为分析其他阀类不同流动状况的区别提供了一定的依据。

## 参 考 文 献

- 赵蕾,陈青,权龙. 阀芯运动状态滑阀内部流场的可视化分析[J]. 农业机械学报,2008,39(11):142-145.  
Zhao Lei, Chen Qing, Quan Long. Visualization analysis of the flow field in a moving spool valve [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(11): 142-145. (in Chinese)
- Sorensen H L. Numerical and experimental analyses of flow and flow force characteristics for hydraulic seat valves with difference in shape [J]. Proceedings of the Bath Workshop on Power Transmission and Motion Control, 1999: 283-295.
- 郑淑娟. 阀芯运动过程液压锥阀流场的CFD计算[D]. 太原:太原理工大学,2005.  
Zheng Shujuan. CFD study for the flow field inside the hydraulic poppet valve considering of the movement of cone [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2005. (in Chinese)
- 雷红霞,权龙. 液压锥阀内部流场的三维仿真计算及可视化分析[J]. 机械科学与技术,2006,25(4):426-429.  
Lei Hongxia, Quan Long. Three-dimensional numerical simulation and visual analysis of the flow field in a hydraulic poppet valve [J]. Mechanical Science and Technology, 2006, 25(4): 426-429. (in Chinese)
- 贺小峰,黄国勤,杨友胜,等. 球阀阀口流量特性的试验研究[J]. 机械工程学报,2004,40(8):30-33.  
He Xiaofeng, Huang Guoqin, Yang Yousheng, et al. Experimental research on the flow characteristics of ball valve orifice [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2004, 40(8): 30-33. (in Chinese)
- 冀宏,王东升,刘小平,等. 滑阀节流槽阀口的流量控制特性[J]. 农业机械学报,2009,40(1):198-202.  
Ji Hong, Wang Dongsheng, Liu Xiaoping, et al. Flow control characteristic of the orifice in spool valve with notches [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(1): 198-202. (in Chinese)
- Liu Yinshui, Yang Yousheng, Li Zhuangyun. Research on the flow and cavitation characteristics of multi-stage throttle in water hydraulics [J]. Proc. IMech E, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, 2006, 220(2): 99-108.
- 那成烈. 三角槽节流口面积的计算[J]. 甘肃工业大学学报,1993,19(2):45-48.  
Na Chenglie. Determination of the sectional area of triangle throttle channel [J]. Journal of Gansu University of Technology, 1993, 19(2): 45-48. (in Chinese)
- Oshima S, Ichikawa T. Cavitation phenomena and performance of oil hydraulic poppet valve (3rd report) [J]. Bulletin of JSME, 1986, 29(249): 743-750.
- 路雨祥,胡大纩. 液电比例控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,1988.
- 郑淑娟,权龙,陈青. 阀芯运动过程液压锥阀流场的CFD计算与分析[J]. 农业机械学报,2007,38(1):168-172.  
Zheng Shujuan, Quan Long, Chen Qing. Analysis and CFD simulation of the flow field in a moving poppet valve [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(1): 168-172. (in Chinese)
- 王德拥. 锥阀过水截面的计算[J]. 阀门,1989(4):29-30.
- Liao Yide, Liu Yinshui, Huang Yan, et al. Flow and cavitation characteristics of water hydraulic poppet valves [J]. Journal of Harbin Institute of Technology: New Series, 2002, 9(4): 415-418.
- Chin S B, Chua Y S, Wong A P, et al. The inward flow piezo poppet valve [C]//Proceedings of SPIE, 2005, 5649: 759-767.
- Vaughan N D, Johnston D N, Edge K A. Numerical simulation of fluid power in poppet valves [J]. Proc. IMech E, Part C:

- Journal of Mechanical Engineering Science, 1992, 206: 119 – 127.
- 16 高殿荣,王益群,申功焄. 液压控制锥阀内流场的数值模拟与试验可视化研究[J]. 机械工程学报,2002,38(4):66–70.  
Gao Dianrong, Wang Yiqun, Shen Gongxin. Numerical simulation and experimental visualization of the flow field inside hydraulic control poppet valve[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2002, 38(4): 66 – 70. (in Chinese)
- 17 Wong A P, Bullough W A, Chin S B, et al. Performance of the piezo-poppet valve, part 1 [J]. Proc. IMech E, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, 2006, 220(6): 439 – 451.
- 18 高红,傅新,杨华勇. 锥阀阀口气穴流场的数值模拟与试验研究[J]. 机械工程学报,2002,38(8):27–30.  
Gao Hong, Fu Xin, Yang Huayong. Numerical and experimental investigation of cavitating flow within hydraulic poppet valve [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2002, 38(8): 27 – 30. (in Chinese)
- 19 Chin S B, Bullough W A. Experimental and numerical study of steady flow in a piezo-poppet valve [J]. Industrial Applications of CFD, 1998: 1123 – 1128.
- 20 Matthew J Stevenson, Chen Xiaodong. Visualization of the flow patterns in a high pressure homogenizing valve using a CFD package [J]. Journal of Food Engineering, 1997,33(1~2): 151 – 165.

## CFD Visual Analysis on Cross Section of Truncated Poppet Valve

Zheng Shujuan<sup>1,2</sup> Quan Long<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Advanced Transducers and Intelligent Control Systems, Ministry of Education,  
Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China

2. College of Mechanical, North China University of Water Conservancy and Electric Power, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** It exists large computational error that the computational formula derived from the untruncated poppet valve is adopted for the cross section area of the truncated popper valve. The flow pattern of the truncated poppet valve was studied with CFD visual algorithm. The position of cross section was confirmed based on the flow filed characteristics and the concept of the turn opening position was proposed. It was concluded that the cross section area of valve had a key turning point when the stroke of truncated poppet valve was large. The established technique and computational formula of the cross section was differed from the stroke and the converging/diverging flow. The result of the cross section area and the flow rate was more exactitude by adopting the new computational formula for the truncated poppet valve than by adopting the traditional formula. Comparing the flow filed characteristics of diverging flow with that of the converging flow, it was pointed out that the channel flow in the truncated poppet valve should consider the throttling pressure loss and the local pressure loss. It was summarized that the difference of the flow filed characteristics was induced by the local pressure loss.

**Key words:** Truncated poppet valve Cross section Visualization