

基于 SolidWorks 的旋塞阀流道截面面积计算方法研究

丁文义¹,王洪申¹,王博文²,张家振¹

(1. 兰州理工大学 机电工程学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 浙江维都利阀门制造有限公司, 浙江 温州 325011)

摘要:旋塞阀是用带通孔的旋塞作为启闭件,通过旋塞与阀杆的转动实现启闭动作的一种阀门。阀杆旋转,使旋塞开口与阀门的流道形成了大小不同的流通截面,以此来改变流体的流量大小。研究了旋塞阀旋塞旋转时形成的流通截面面积的计算方法。旋塞转过角度不同,打开的流道截面形状不同,很难快速准确计算出相应面积,对流体流量的控制难以把握。提出基于 SolidWorks 软件三维建模方式,将旋塞流道与密封衬套流道实体化,利用流道模型的装配体模拟流道面积的变化,运用布尔运算求得两流道模型共同实体,计算旋塞阀旋塞转过不同角度时流道截面面积方法,计算速度快,结果准确。

关键词:旋塞阀;圆锥形旋塞;流道截面面积;SolidWorks 三维模拟

中图分类号:TP391.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2020)01-0123-04

Research on Calculation Method of Opening Cross Section Area of Plug Valve Based on SolidWorks

DING Wenyi¹, WANG Hongshen¹, WANG Bowen², ZHANG Jiazhen¹

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China; 2. Zhejiang Weidouli Valves Manufacturing Co., Ltd., Wenzhou 325011, China)

Abstract: The plug valve is one in which the cock body with through hole is used as the disc to achieve the on/off by the rotation of the cock body and the valve stem. The valve stem rotates to form a different size of flow cross section of the plug opening and the flow passage of the valve, thus changing the flow rate of the fluid. In this paper, the calculation method of the flow cross-sectional area of the plug valve cock is studied. The cock body has different angles of rotation, and the cross-section shape of the opened flow channel is different. It is difficult to calculate the corresponding area quickly and accurately, and it is hard to control the flow rate. This paper proposes a three-dimensional modeling method based on SolidWorks software, which is used to materialize the flow path of the cock and the sealing bushing, and the change of the flow channel area is simulated with the assembly of the flow path model. The Boolean operation is used to obtain the common body of the two-channel model, and the cross-sectional area of the flow channel is calculated at the different angles and the speed of the operation is fast and the result is accurate.

Keywords: plug valve; conical cock; cross-sectional area of flow channel; SolidWorks 3D simulation

0 引言

旋塞阀是用带通孔的旋塞做为启闭件,通过旋塞与阀杆的转动实现启闭动作的一种阀门^[1],是管线阀门中的一种,其作用就是截流^[2]。旋塞阀的结构简单,开关迅速,密封性能良好,阀门操作力较小^[3]。锥形旋塞的流道口可设计为梯形,有一定圆弧。这些形状设计可使旋塞阀的结构紧凑和轻巧,便于安装和使用。旋塞阀最适用于作为切断和开启以及分流使用。我国生产的圆锥形旋塞阀,广泛应用于城市煤气、食品、医药、给排水、化工等行业^[4]。

在生产使用过程中,控制流量所要把握的“度”,可以通过流体流过的流道截面面积得到初步的控制^[5]。阀门生产企业在设计、生产、校验中需用到流道截面面积数据,客户在提供产品需求时通常会有旋塞转过角度所对应打开

截面面积的设计要求,因此计算旋塞阀在打开不同角度下流道截面面积十分重要。但对于旋塞上设有密封衬套的旋塞阀,圆锥形旋塞转过不同角度所打开的流道截面面积很难快速准确地计算,且旋塞转过不同角度与阀体流道形成的流道面都会有几何上的变化,这也为流道截面面积的计算增添了难度。圆锥形旋塞打开处的流道截面因有一定角度无法得到确定的值,鉴于这种情况,本文提出基于 SolidWorks 软件三维建模方式的模拟计算旋塞阀旋塞转过不同角度打开流道截面面积方法。

1 三维建模及流道截面分析

1.1 建立三维模型

本文研究对象为密封衬套旋塞阀结构,旋塞与密封衬

套为圆锥形,锥度为 2° 。因所求面积为旋塞转过一定角度旋塞上流道打开面积,故将旋塞流道与阀体流道的分析简化为旋塞流道与密封衬套流道形成的模型分析,密封衬套固定不动,旋塞进行相应转动,两者形成的流道截面面积即为所求流道截面面积。

在SolidWorks中建立旋塞与密封衬套的三维模型,进行装配,图1(a)、图1(b)分别为旋塞和密封衬套的三维模型,图1(c)是装配体。



图1 旋塞与密封衬套零件模型与装配体

在图1(c)的装配中可以看出旋塞在旋转一定角度后与密封衬套形成了一定的流通面积,此面积形状不规则,且随着转过的角度变化。因旋塞与密封衬套都是圆锥形,上下都为圆弧,此流通面积为弧面,且与竖直方向有一定角度。此弧面两条边线所在平面上的截面,就是所要求的旋塞阀旋塞打开面积。

1.2 流道截面分析

为了直观地分析旋塞阀旋塞转过一定角度旋塞打开流道截面所在平面的位置变化,将图1(c)模型进行了简化,将旋塞及密封衬套顶部、底部圆弧和圆角消去,只表达旋塞打开流道截面随着旋塞转动所在平面的变化。

图2(a)为圆锥形示意图,锥度为 2° 。流体流过方向为 ab ,随着旋塞按方向 MN 转动,旋塞打开通道也随之发生变化。旋塞转过 α 角后与密封衬套间形成了一个流通面,此流通面为弧面 $ABGF$ 。所求的流道截面是位于弧面 $ABGF$ 对应的平面 $ABGF$ 之上。旋塞继续转动,转过 β 角,流通面变为弧面 $ACHF$,流道截面在 $ACHF$ 平面上。随着旋塞旋转角度的变化,流道截面也随之改变^[5]。

计算转过 α 角的旋塞打开流道截面的大小,需要在平面 $ABGF$ 上求解计算。转过 β 角,计算打开的流道截面面积的平面变为平面 $ACHF$ 。旋塞转过不同角度,计算的流道截面会位于不同的平面上。所求流道截面所在平面的变化,不仅增加了计算流道截面面积的时间,还增大了难度。若将所求流道截面图形投影到所对应的竖直平面内,因旋塞与密封衬套为圆锥形,虽然可以减少计算时间,但结果会存在误差。

除上述问题之外,旋塞打开流道截面面积的计算存在下述难题。图2(b)、图2(c)所示为图1(c)所示装配体旋塞转过 50° 时流道截面示意图。 AB 为密封衬套边线, CD 为旋塞边线, \widehat{AB} 、 \widehat{EF} 为密封衬套上的弧线, \widehat{BC} 、 \widehat{DE} 为旋塞上的弧线。图2(b)所示大小即为旋塞转过 50° 时旋塞打开流道截面面积的大小。计算图2(b)中所求流道截面

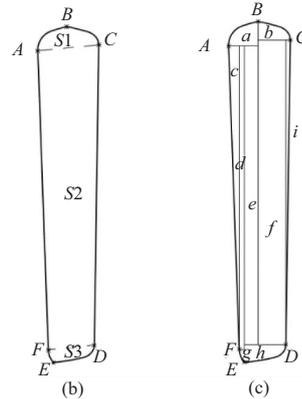
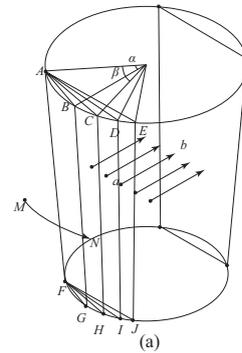


图2 流道截面面积变化示意图及旋塞转过 50° 时流道截面

积,需计算 S_1 、 S_2 、 S_3 三者的面积,求其总和。 S_1 中的弧线由 \widehat{AB} 、 \widehat{BC} 组成, S_3 中弧线由 \widehat{DE} 、 \widehat{EF} 组成,相应弧长值获取难度高,计算难度大。若采取图2(c)中方法计算流道截面面积,要分别求出图中 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g 、 h 、 i 的面积并进行相加。计算繁琐,弧线 \widehat{AB} 、 \widehat{BC} 、 \widehat{EF} 、 \widehat{DE} 使得 a 、 b 、 g 、 h 面积计算费时、费力。随着旋塞的转动,弧线 \widehat{AB} 、 \widehat{BC} 、 \widehat{EF} 、 \widehat{DE} 也会随之改变,使计算难度增加。

综上所述,求旋塞转过某个角度,旋塞打开流道截面面积大小的计算已如此复杂,计算旋塞转过不同角度时旋塞打开的流道截面面积大小难度将会更大,计算更为繁琐。因此研究旋塞阀旋塞打开流道截面面积大小计算的方法很有意义。

2 流道截面面积计算方法

2.1 方法思路

本文通过在SolidWorks中建立密封衬套和旋塞的三维模型,以模拟的方式借助SolidWorks中的功能来计算旋塞阀流道截面面积,结果准确,效率高。图3为流道截面面积计算方法流程图。

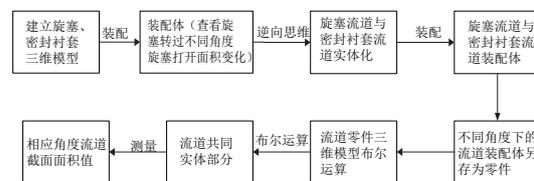


图3 方法流程图

2.2 计算过程

1) 模型的建立与简化

在 SolidWorks 中建立旋塞与密封衬套的三维模型,并将之装配,详见图 1。在装配体中可旋转旋塞,查看不同角度(0°~90°)下旋塞打开流道面积情况。设定 0°为完全封闭状态。在建立好三维模型后,虽可直观地看到旋塞打开面积的变化,但对于面积大小的测量计算无从下手,于是采取逆向思维,将流道转换为实体,可更为方便地测量计算流道截面面积。因计算的只是旋塞打开的面积,所以将密封衬套腔内简化,只保证了进出口的大小和形状。图 4(a)为旋塞流道模型,图 4(b)为密封衬套流道模型,图 4(c)为旋塞流道模型与密封衬套流道模型装配体。此时,两流道模型角度为 0°。

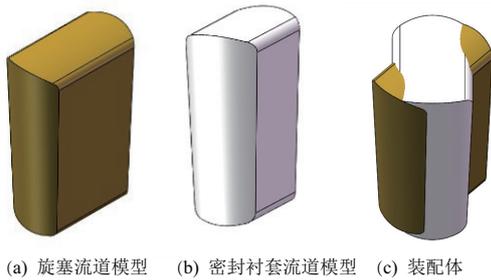


图 4 流道实体化三维模型

密封衬套流道固定不动,相当于旋塞阀阀体,旋转旋塞流道模型(深色)可根据配合中的角度,按每次旋转需要的角度旋转。图 5 装配体模型旋转 50°。此时发现旋塞流道与衬套流道有共同的结合面,这个结合面就是所求流道截面对应的弧面。

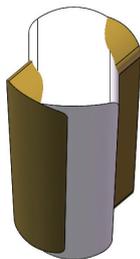


图 5 旋塞流道模型旋转 50°

将旋转好一定角度的两流道模型的装配体另存为 SolidWorks 格式 part(*.prt;*.sldprt)的零件图。打开此零件,在 SolidWorks 中进行布尔运算。选择“组合”命令,在“组合的实体”中选择 2 个零件,则组合的效果是保留 2 个零件公共的部分。图 6 为旋塞转过 50°时旋塞流道与密封衬套流道共同实体部分。共同实体部分前端弧面即为实际旋塞打开流道截面对应的弧面。此弧面所对应的截面,因弧面的两条边线都在同一个圆锥面上,左边边线固定不动,是衬套的边线;右边边线为旋塞流道的边线,随阀杆转动同样转过相同的角度,两条边线的锥度都为 2°,故两条边线在同一平面上。

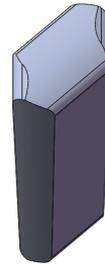


图 6 旋塞流道与密封衬套流道共同实体

2) 流道截面面积计算

为获得旋塞转过 50°后流道截面面积值,先以图 7(a)中弧面右侧平面为草图绘制平面,旋塞流道边线为边绘制拉伸切除草图。以图 7(b)中所示上视基准面为草图平面,将布尔运算求得的弧面顶端弧线转换成实体,连接投影基准面上弧线的两 endpoints,确定拉伸切除方向。图 7(c)进行拉伸切除获得旋塞旋转 50°时流道截面。图 7(d)为旋塞旋转 50°时流道截面。

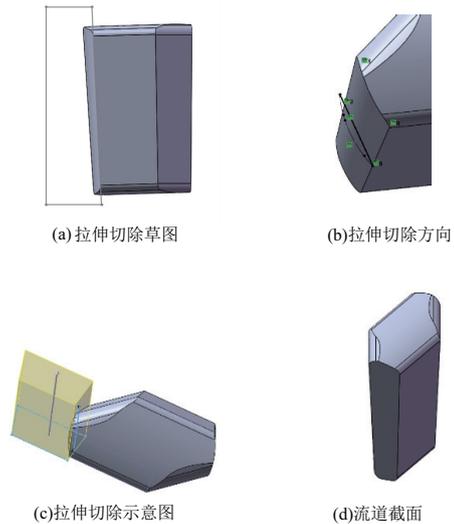


图 7 流道截面获取

求此截面面积。选择“测量”命令,点击所要测的截面,即可得到流道截面面积。图 8 为旋塞转过 50°时,旋塞打开弧面处的截面面积,值为 6751.92 mm²。

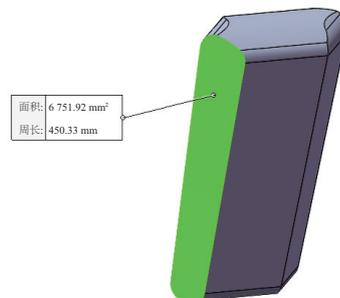


图 8 流道截面面积

依照上述方法,可求得此模型旋塞转过不同角度(0°~90°)时,旋塞打开的流道截面面积,见表 1。

表1 旋塞转过不同角度时打开流道
截面面积及其所占百分比

旋塞转过 角度/(°)	旋塞打开截 面面积/mm ²	旋塞完全打开流 道截面面积/mm ²	不同角度打开截面 面积所占百分比/(%)
0	0		0
5	0		0
10	0		0
15	0		0
20	475.21		3.52
25	1 481.65		10.97
30	2 525.23		18.69
35	3 579.81		26.50
40	4 639.12		34.34
45	5 697.78	13 509.81	42.18
50	6 751.92		49.98
55	7 797.63		57.72
60	8 830.80		65.37
65	9 759.66		72.24
70	10 840.38		80.24
75	11 803.80		87.37
80	12 729.71		94.23
85	13 509.81		100.00
90	13 509.81		100.00

3 结语

本文方法既可直观旋塞阀阀体内部旋塞转过不同角度时旋塞与密封衬套或阀体流道打开流道截面面积的变化,又可快速准确地获得旋塞转过不同角度下的旋塞打开流道截面面积数值,不需要耗费大量的精力和时间进行复杂的计算。无论是对于圆锥形还是圆柱形旋塞均可以快速准确地计算出打开流道截面积值,效率高,准确度高。

参考文献:

- [1] 康喜,李悦钦.旋塞阀的结构改进和强度校核[J].内蒙古石油化工,2008(7):63-64.
- [2] 龚座平.基于CFD的旋塞阀流动特性研究[D].成都:西华大学,2015.
- [3] 马晓雯,宋磊.文丘里式耐磨旋塞阀的设计[J].液压气动与密封,2012(2):66-68.
- [4] 陆培文.旋塞阀的功能与应用[J].化工设备与管道,2001(2):52-55.
- [5] 练章华,宋周成,乐彬,等.旋塞阀结构流道开度推导及其冲刷速度分析[J].石油机械,2008(7):15-18.

收稿日期:2018-11-13

(上接第96页)

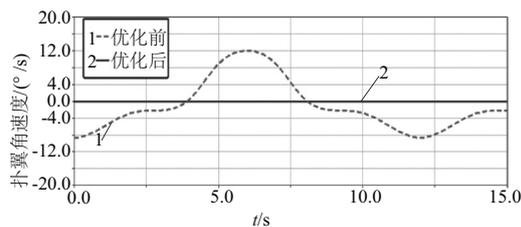


图13 优化前后扑翼角速度之差的比较

2) 当在添加 Watt 机构之后,发现扑翼角之差和扑翼角速度之差都为0,即左右扑翼运动完全对称;

3) 在加入 Watt 机构之后,在保证左右机翼运动完全一样的同时,缺点是减小了上下扑翼角度的范围,从之前的 60°范围变成了 40°的范围。

5 结语

优化改进了单曲柄双摇杆扑翼机构的左右不对称,在 Adams 中仿真分析了扑翼角度和扑翼角速度,为同类型的驱动机构设计提供了理论设计基础,对其他类型的微扑翼驱动机构设计也有很好的借鉴意义。

通过在单曲柄双摇杆中加入 Watt 机构之后,左右扑翼角之差和扑翼角速度之差的幅值比加入之前显著降低,这也验证了该优化方法的正确性和可行性。

参考文献:

- [1] 昂海松.微型飞行器设计导论[M].西安:西北工业出版社,2012:18-47.
- [2] 魏榛,贾立超,杨基明.一种平行曲柄连杆扑翼机构的设计、

优化与实现[J].力学与实践,2011,33(2):62-66.

- [3] YANG L J, ESAKKI B, CHANDRASEKHAR U, et al. Practical flapping mechanisms for 20 cm-span micro air vehicles[J]. International Journal of Micro Air Vehicles, 2015, 7(2):181-202.
- [4] 郭建伟,周洋,贺业荣.全转动副空间扑翼机构设计[J].机械传动,2014(5):74-76.
- [5] TANAKA H, HOSHINO K, MATSUMOTO K, et al. Flight dynamics of a butterfly-type ornithopter[C]//IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots & Systems, Edmonton, 2005: 2706-2711.
- [6] CROON G, PERCIN M, REMES BDW, et al. The DelFly: design, aerodynamics, and artificial intelligence of a flapping wing robot[M]. West-Berlin: Springer, 2015.
- [7] 周凯,方宗德,曹雪梅,等.单曲柄双摇杆扑翼驱动机构的优化设计[J].航空动力学报,2008,23(1):184-188.
- [8] 周凯,方宗德,张明伟.一类微扑翼驱动机构的双重建模与仿真[J].机械传动,2007,31(6):27-29.
- [9] 张亚锋,宋笔锋,马红萍,等.仿生扑翼机构的优化设计[J].机械设计与研究,2008,24(4):23-25.
- [10] 董二宝,许旻,李永新,等.单曲柄双摇杆机构同步性能优化[J].机械工程报,2010,46(7):22-26.
- [11] 余春锦,颜惠.仿鸽子扑翼的气动性能分析[J].南昌航空大学学报(自然科学版),2008,22(2):39-43.
- [12] 刘岚,方宗德,侯宇,等.微扑翼飞行器的尺度律研究与仿生设计[J].中国机械工程,2005,9(18):1613-1617.
- [13] 王姝歆,周建华,颜景平.微型仿生扑翼飞行器的尺度效应分析[J].南京航空航天大学学报,2005,12(6):807-810.
- [14] EUGENE S, FERGUSON. Kinematics of mechanisms from the time of watt[M]. [S.I.]: Smithsonian Institution, 1962:27-28.

收稿日期:2018-11-08