

文章编号: 1005-0329(2011)06-0032-04

基于 C#.NET 的三偏心蝶阀干涉分析软件的研究

张希恒,王志敏,俞树荣,凌 晓
(兰州理工大学,甘肃兰州 730050)

摘 要: 结合三偏心蝶阀密封面的启闭性能角,建立等角度刨切计算模型,分析三偏心蝶阀蝶板运动干涉,以 C# 高级语言为工具,开发了三偏心蝶阀密封面干涉的设计软件,经过干涉分析软件的计算,得到三偏心蝶阀密封面的干涉情况,为设计人员提供准确、快捷的一种设计方法。

关键词: 三偏心蝶阀;干涉分析;C#;软件

中图分类号: TK037 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1005-0329.2011.07.007

Research of Triple Eccentric Butterfly Valve Interference Processing Software Based on C#.NET

ZHANG Xi-heng, WANG Zhi-min, YU Shu-rong, LING Xiao
(Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: Unifies the opening&closing performance of triple eccentric butterfly valve packing surfaces, the isogonism was established to cuts the computation model, triple eccentric butterfly valve plate's motion interference was analyzed, taking the C# higher order language as the tool, triple eccentric butterfly valve's seal surface interference design software was developed, through the man-machine interaction contact surface, triple eccentric butterfly valve's seal surface finally the interference situation was analyzed, it provides accurately and quickly design method for the designers.

Key words: triple eccentric butterfly valve; analysis of interference; C#; software

1 引言

蝶阀由于其结构简单,启闭速度快,密封可靠,尤其是硬密封蝶阀在高温、高压介质的适用性,被广泛应用于石油、化工、冶金、电力等行业。其中具有代表性的三偏心硬密封蝶阀是在双偏心蝶阀的基础上,使蝶板的中心偏置一定的角度,形成三偏心密封结构。该结构不仅具有双偏心蝶阀摩擦力矩小,开启灵活等优点^[1],同时由于其偏心锥角的作用,在阀门关闭时能够实现自锁,因此,三偏心硬密封蝶阀在现代阀门工业中得到了快速发展。

三偏心蝶阀的轴向偏心、径向偏心和角度偏心是决定蝶板在启闭过程中是否与阀座产生运动干涉的主要因素,由于其密封副各接触点运动轨迹复杂,不合理的偏心结构,易于使蝶板在启闭过程中产生卡阻。本文通过对三偏心蝶阀的阀板运

动轨迹进行分析,找出其产生干涉的原因,利用 C#.NET 高级编程语言,设计三偏心蝶阀干涉的分析程序,通过求解蝶板密封面上每个坐标的干涉角度 θ ,判断蝶板运动是否发生干涉,并能优化计算蝶板最小偏心值,为设计人员提供一种准确、快捷的设计方法。

2 三偏心蝶阀的运动干涉条件

三偏心蝶阀的蝶板是在圆锥体上斜截得到的一定厚度的椭圆形截面实体,如图 1 所示。3 个偏心的第一偏心是指阀座密封面或蝶板厚度方向的等分线与阀杆中心相对偏心(长度 H);第二偏心是指阀杆中心与阀门通道中心的相对偏心(长度 E);第三偏心是指圆锥形密封面的中心线与阀门通道中心线的相对偏心(角度 γ)^[2,3]。直线 AB 表示阀座密封面上某点 m 在某个平面处的切

收稿日期: 2010-10-12

线方向; v 代表蝶板在该点的速度方向; 速度方向和切线 AB 的夹角为 θ , θ 逆时针方向为正, 顺时针方向为负。文中称 θ 为启闭性能指示角。

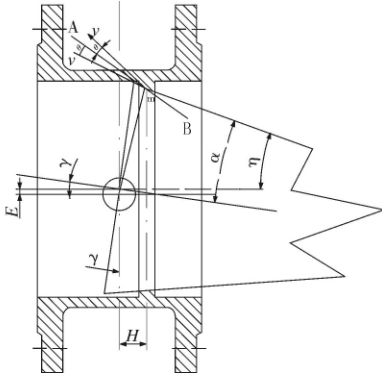


图1 三偏心蝶阀密封结构

蝶板逆时针方向转动, 蝶板开启。当速度方向 v 位于切线 AB 方向的下方时, 密封副不发生干涉 $\theta \geq 0$; 当速度方向位于切线 AB 方向的上方时, 密封副发生干涉 $\theta < 0$ 。由此可知, 当 $\theta < 0$ 时, 密封副运动存在干涉。因此, 在设计过程中, 确定合理的三个偏心量, 保证 $\theta \geq 0$, 从而解决干涉问题。

3 运动干涉分析

3.1 启闭性能指示角的角度刨切计算模型

为了计算启闭性能指示角并判断三偏心蝶阀的干涉情况, 建立三偏心蝶阀启闭性能指示角的角度刨切计算模型。

先将密封面沿着阀体通道中心线的垂直方向等分为 n 份, 得到 $n+1$ 个相互平行的椭圆形平面 (S 平面) 如图 2 所示。

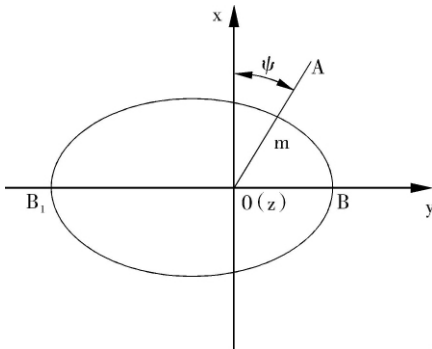


图2 密封面的角度刨切

建立椭圆方程^[4]:

$$x^2 + y^2 = \text{tg}^2 \alpha (H_0 + y \text{tg} \gamma)^2 \quad (1)$$

式中 H_0 ——圆锥顶点到蝶板密封面的中性面之间的距离, mm

α ——圆锥半角, °

γ ——偏心角, °

然后以 O 点为圆心, 将每个椭圆平面按等角度平分为 n 等份进行等角度刨切, 从而得到椭圆曲线和直线 OA 的交点 m , 计算 m 点的启闭性能指示角。其中直线 OA 的方程为:

$$y = x \text{tg} \varphi \quad (2)$$

联立式 (1)、(2) 解得 x, y :

$$\begin{cases} x_1 = \frac{[\text{tgytg}\varphi\text{tg}\alpha - (1 + \text{tg}\varphi^2)^{1/2}]H_0\text{tg}\alpha}{-1 - \text{tg}\varphi^2 + \text{tg}\alpha^2\text{tg}\gamma^2\text{tg}\varphi^2} \\ y_1 = \frac{[\text{tgytg}\varphi\text{tg}\alpha - (1 + \text{tg}\varphi^2)^{1/2}]H_0\text{tg}\alpha\text{tg}\varphi}{-1 - \text{tg}\varphi^2 + \text{tg}\alpha^2\text{tg}\gamma^2\text{tg}\varphi^2} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} x_2 = \frac{[\text{tgytg}\varphi\text{tg}\alpha + (1 + \text{tg}\varphi^2)^{1/2}]H_0\text{tg}\alpha}{-1 - \text{tg}\varphi^2 + \text{tg}\alpha^2\text{tg}\gamma^2\text{tg}\varphi^2} \\ y_2 = \frac{[\text{tgytg}\varphi\text{tg}\alpha + (1 + \text{tg}\varphi^2)^{1/2}]H_0\text{tg}\alpha\text{tg}\varphi}{-1 - \text{tg}\varphi^2 + \text{tg}\alpha^2\text{tg}\gamma^2\text{tg}\varphi^2} \end{cases} \quad (4)$$

当 $\varphi = 90^\circ, \alpha = 0$ 时:

$$y = -\frac{H_0\text{tg}\alpha}{-1 + \text{tg}\alpha\text{tg}\gamma} \quad (5)$$

当 $\varphi = 270^\circ$ 或 $\varphi = -90^\circ, \alpha = 0$ 时:

$$y = -\frac{H_0\text{tg}\alpha}{1 + \text{tg}\alpha\text{tg}\gamma} \quad (6)$$

输入已知设计参数 $D_1, T, E, H, \alpha, \gamma$, 即可确定 m 点的坐标 (x_i, y, z) 。其中 D_1 代表蝶板密封面中径的长轴, T 为蝶板密封面的宽度。

3.2 计算启闭性能指示角

建立蝶板运动关系, 计算 m 点的启闭性能指示角^[4]。如图 3 所示, O_1 为阀杆旋转中心, v 为 m 点绕 O_1 旋转运动时的速度方向, θ 是运动方向与 m 点切线的夹角, 即该点的启闭性能指示角^[3]。

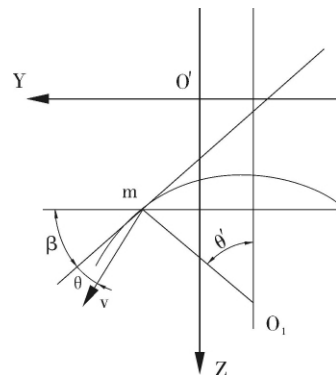


图3 运动关系

由图 3 中的几何关系可得:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{y}{\operatorname{tg}\alpha(x_i^2 + y^2)^{1/2}} \quad (7)$$

$$\operatorname{tg}\theta' = \frac{y - y_{01}}{z_{01} - z} \quad (8)$$

$$\theta = \theta' - \beta \quad (9)$$

式中 y_{01} z_{01} ——阀杆中心的坐标

根据式(7)~(9)可求出 m 点的启闭性能指示角,并判断其干涉情况。即 $\theta \geq 0$ 当时,密封副不发生干涉; $\theta < 0$ 时,密封副发生干涉。用牛顿二次切分法求出精确的干涉范围,精度可以通过设定变量的值来确定。

3.3 蝶板的最佳偏心计算

(1) 蝶板的锥顶角 2α 的计算

蝶板的锥顶角大小与所选密封材料的摩擦系数 f_m 有关,为了使阀门在关闭位置时实现自锁,根据机械原理知:

$$\operatorname{tg}2\alpha \leq f_m \quad (10)$$

可以根据密封材料的摩擦系数 f_m 计算出蝶板的锥顶角 2α ,然后结合实际情况选择合理的角度。

(2) 蝶板偏心角的计算

由图 1 的几何关系得:

$$\gamma = \alpha - \eta \quad (11)$$

式中 α ——摩擦角, $\operatorname{tg}\alpha = f_m$

η ——圆锥母线与阀门流道中心线的夹角,

结合式(10)、(11)可得:

$$0 < \gamma \leq \alpha/2 \quad (12)$$

(3) 轴向偏心 H 的范围:

$$\frac{d+t}{2} < H \leq \frac{d+T}{2} \quad (13)$$

式中 d ——阀杆的直径,mm

t ——阀座密封面的厚度,mm

(4) 径向偏心的计算

当 $\theta \geq 0$ 时,密封副不发生干涉,结合式(7)~(9)得到:

$$E \geq [y(H_0 + H\cos\gamma + e\sin\gamma - z) - \tan\alpha(x^2 + y^2)^{1/2}(y - \cos\gamma + H\sin\gamma)] / [y\sin\gamma + \operatorname{tg}\alpha(x^2 + y^2)^{1/2}\cos\gamma] \quad (14)$$

式中 e ——密封面中径所在圆与圆锥轴线的交点和与阀体轴线的交点间距离,mm

只要给定 α 、 γ 、 H ,按照式(14),结合密封面上任意点的坐标,就可以计算出每一点的最小径向偏心。提取所有点中最小径向偏心中的最大

值,该最大值就是密封面不发生干涉的最小径向偏心值。

4 运动干涉程序设计

在实际操作中,通过求出蝶板密封面上每个坐标的 θ 值分析三偏心蝶阀的干涉情况,需要计算的坐标数以千计。如果用手工计算,计算过程比较复杂和繁琐,工作量大,为了节省时间和提高工作效率,采用 C#.NET 语言开发相应的设计软件。C#.NET 是以 .NET 框架为基础的一种高级编程语言。能够快速、方便地开发图形设计、图像处理及其多媒体技术的 Windows 应用程序(WPF)^[5]。运动干涉程序三维模型采用 WPF 程序编程。

利用角度剖切的方法,通过程序设计,可以计算出三偏心蝶阀密封面上的任意一点的坐标和启闭性能指示角。根据启闭性能指示角的大小为三维模型上的每个小单元格填涂颜色,并通过颜色的不同显示出三偏心蝶阀密封面的干涉情况。

根据上述的分析,编写三偏心蝶阀干涉分析软件的程序,其流程框图如图 4 所示。

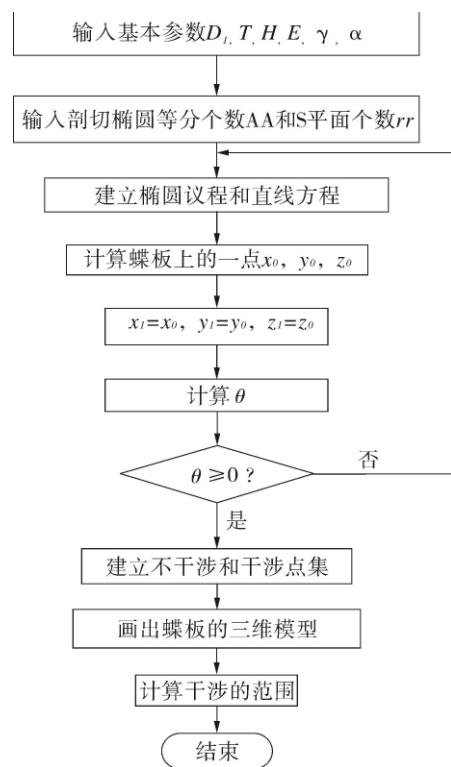


图 4 设计程序流程示意

输入 S 平面的个数 rr 和剖切椭圆等分个数 AA ,在第一个 S 平面(0 切面)上进行角度剖切,

计算出 0 切面上的所有点的坐标,根据的大小判断该切面上的所有点是否干涉,依次循环,计算出 1, 2, …, r 切面上的点的坐标,并判断是否干涉。

5 实例

5.1 操作界面

用户通过三偏心蝶阀干涉分析软件的操作界面的显示输入相应的设计参数和等份数。当触发“计算”按钮时,在窗口的右侧显示蝶板的三维模型,并通过彩色云图反映出蝶板上是否干涉的大致情况;在窗口的下方显示出蝶板密封面各点的坐标(x, y, z)及对应点的启闭性能指示角和径向偏心值,并判定蝶板运动是否发生干涉,如图 5 所示。同时在模型上单击鼠标,可获取单个点的计算值,并显示该点的坐标。

5.2 实例分析

以 DN200mm, PN1.6MPa 的三偏心蝶阀为实例,分析其密封面干涉情况。其中 $\alpha = 12^\circ$ 、 $\gamma = 8^\circ$ 、 $E = 5\text{mm}$ 、 $H = 25.5\text{mm}$ 、 $T = 8\text{mm}$ 、 $D_1 = 190\text{mm}$ 。设定等分平面次数 $n = 90$ 椭圆等分次数,角度精度 $A = 0.005^\circ$ 。

三偏心蝶阀密封面干涉云图如图 5 所示,图中,深色区域代表干涉部分($\theta < 0$);表 1 列举了任意采集的 8 个点的坐标,以及对对应点的启闭性能指示角、最小径向偏心和是否干涉情况。如点(90.413, 25.956, 442.545)、(89.801, 28.130, 442.725)的 $\theta < 0$,为干涉点;点(93.637, 4.888, 441.127)、(78.409, 53.508, 446.595)的 $\theta > 0$,为不干涉点。

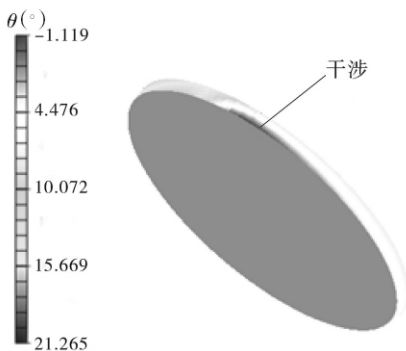


图 5 密封面干涉云图

表 1 密封面上 8 个坐标点的干涉情况

坐标(x, y, z)	(-89.519, 30.530, 444.974)	(93.637, 4.888, 441.127)
$\theta(^\circ)$	1.094	8.371
$E(\text{mm})$	2.836	0.889
干涉情况	不干涉	不干涉
坐标(x, y, z)	(91.135, 24.419, 443.881)	(78.409, 53.508, 446.595)
$\theta(^\circ)$	1.717	1.522
$E(\text{mm})$	3.450	1.527
干涉情况	不干涉	不干涉
坐标(x, y, z)	(90.413, 25.956, 442.545)	(89.801, 28.130, 442.725)
$\theta(^\circ)$	-0.238	-0.403
$E(\text{mm})$	5.233	5.427
干涉情况	干涉	干涉
坐标(x, y, z)	(87.828, 34.197, 443.417)	(85.204, 40.670, 444.182)
$\theta(^\circ)$	-0.347	-0.078
$E(\text{mm})$	5.489	5.126
干涉情况	干涉	干涉

若输入其他参数,可计算整个不发生干涉的最小径向偏心,此偏心值计算的蝶板扭矩是蝶板的最小扭矩。由此可以优化蝶板偏心值,为三偏心蝶阀驱动装置的选取提供了依据。

6 结论

(1) 采用角度刨切法,计算了密封面任意点的坐标,建立了启闭性能指示角计算模型;

(2) 利用 C#.NET 编程语言编程,分析和判定了三偏心蝶阀运动干涉;

(3) 通过程序计算,能够定量的确定密封面干涉点的位置和干涉角度,也能通过界面云图确定密封面的范围;

(4) 调整三偏心参数,使 $\theta \geq 0$,由此可以确定三偏心蝶阀最小的径向偏心,为三偏心蝶阀驱动装置的选取提供了依据;

(5) 软件从构建到计算结果输出简单、直观、易于掌握和使用。

参考文献

[1] 鹿彪,张立红. 金属硬密封蝶阀的设计与研制[J]. 阀门,1996,(3): 2-6.

(下转第 9 页)

自由射流区和冲击区的轴向长度,提高壁面射流区的剪切效应。空化射流则是有效手段之一。

为了制造空化效应,将喷嘴中置一锥形芯以形成绕流射流。绕流的结果是射流在喷嘴出口产生卡门涡街,旋涡所形成的真空带将是产生空化现象的主要原因。大气与真空带的压差将射流核长度延伸,射流在涡街之后凝聚构成其核心区;由于核心区得到延长,射流总有效长度也即得到延长。

同时,由于空化射流气泡在冲击壁面破灭所产生瞬时爆破压力效应,使射流冲击压力均值得到极大提高,其冲击压力与连续射流的冲击压力有以下关系:

$$p_t = \frac{p_s}{6.35} \exp\left(\frac{2}{3}a\right) \quad (6)$$

式中 p_t ——空化射流冲击压力

p_s ——连续射流冲击压力

a ——液体内气体的体积分数, %

$$p_s = \frac{1}{2} \rho u^2$$

当 $a = 1/12 \sim 1/6$ 时 $p_t = (8.6 \sim 124) p_s$

上式中倍数系数因与射流压力、流量、靶距等诸多因素有关,定量上虽难以确定,但在定性上明确反映了空化射流冲击力提高的趋势。

上述两个目标,均是设计者的追求。在管风琴式喷嘴基础上进行如图5所示的设计,注意,此时的喷嘴等同于普通管风琴喷嘴的“阴剖面”结构了。

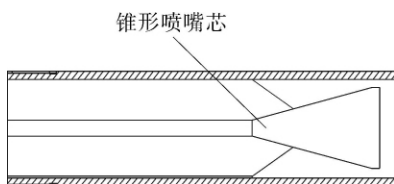


图5 空化射流喷嘴的设计

两种喷嘴的试验是在清水介质、0.55 MPa 压力、40 m³/h 流量工况下进行的。将喷嘴调至水平进行射流射程试验,观察射流冲击区(即非雾化

区)的长度,由标杆测量这一射程长度明显由不足10m 提高到12m 以上(其中核心区由1m 增加到2m),而且射流明显呈现空化现象,即能观察到水团趋势。这一现象将为冲击力增大提供依据,只是由于流量太大,冲击力通过测量来证实尚需专业条件。

6 结语

综上所述,油射流打击力的有效利用可以归纳以下几点:

(1) 喷枪布阵相邻间距在12~15m;

(2) 喷枪喷嘴与罐底油泥的高度距离在1~1.5m;

(3) 喷枪转速1~2r/min;

(4) 喷嘴自转转速0.013~0.026r/min;

当遇到过于厚实的油泥层时,喷枪还可以单支依次作业,由于射流冲击力和靶距至关重要,集中射流往往更有利提高效率。

参考文献

- [1] 李国兴. 机械化清洗设备在原油储罐清洗上的应用[J]. 管道技术与设备, 2006 (3): 43-44.
- [2] 刘建国, 李双林, 陈维国, 等. 储油罐机械化清洗技术在油田的应用与推广[J]. 清洗世界, 2009 (12): 1-8.
- [3] 薛胜雄. 高压水射流技术工程[M]. 合肥工业大学出版社, 2007. 10.
- [4] 薛胜雄, 黄汪平, 陈正文. 容器与管道的高压水清洗技术[A]. 第四届全国压力容器技术会议[C]. 无锡, 1997. 505-509.
- [5] 董志勇. 冲击射流[M]. 海洋出版社, 1997. 9.
- [6] 李根生, 沈忠厚. 自振空化射流理论与应用[M]. 中国石油大学出版社, 2008. 3.

作者简介: 薛胜雄(1957-), 男, 教授级高工, 通讯地址: 230088 安徽合肥市高新区天湖路29号合肥通用机械研究院。

(上接第34页)

- [2] 郝承明. 三偏心蝶阀密封结构的分析与研究[J]. 阀门, 2001 (1): 1-28.
- [3] 梁瑞, 姜峰, 俞树荣, 等. 三偏心结构蝶阀金属密封副干涉几何学分析[J]. 流体机械, 2003, 31(5): 22-24.
- [4] 彭廷红, 姚进, 杨济华, 等. 三偏心蝶阀密封结构启闭性能分析[J]. 阀门, 2003 (1): 1-3, 13.

- [5] 周礼. C#和.NET3.0 第一步[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.

作者简介: 张希恒(1966-), 男, 副教授, 多年从事阀门的研制开发和设计工作, 通讯地址: 730050 甘肃兰州市兰工坪路287号兰州理工大学石油化工学院。