

文章编号:1002-5855(2011)02-0005-03

# 轴流式止回阀阀瓣结构分析与设计

李学飞

(上海凯工阀门有限公司, 上海 201815)

**摘要** 介绍了轴流式止回阀工作原理、设计要点及主要零部件的设计计算方法。

**关键词** 轴流式止回阀; 阀瓣; 结构; 设计

中图分类号: TH134

文献标识码: A

## Design on axial flow check valve

LI Xue-fei

(Shanghai kaigong valve co., Ltd Shanghai 201815)

**Abstract:** Introduces the axial flow check valve working principle, main points of design and the design method of the main parts.

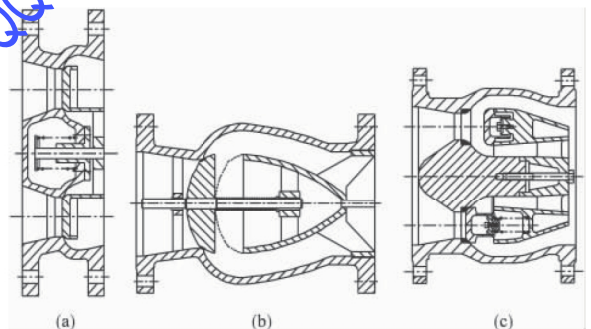
**Key words:** axial flow check valve; disc; principle; design

### 1 概述

轴流式止回阀以其运行平稳, 流阻小、水击压力小、流态好、对介质压力变化响应速度快、外形尺寸小、低噪声和密封性好等优点, 广泛用于油气长输管网等泵出口、消防和石化等管道上作止回装置。

### 2 结构特性

轴流式止回阀根据其阀瓣结构形式的不同可分为套筒形、圆盘形和环盘形等形式(图 1)。套筒形结构阀瓣质量轻, 动作灵敏, 行程较短, 结构长度短, 可低压密封和低压开启, 关闭无冲击, 无噪声, 弹簧不直接与介质接触, 因而寿命长, 缺点为有两个密封副, 给加工、研磨和维修增加了困难, 同时有一定的压力损失。套筒形结构一般用在长输管线或空压机出口等大口径管线介质出口, 可水平或垂直安装。圆盘形结构具有动作灵敏, 行程较短, 关闭无冲击, 无噪声, 流体阻力小, 反应迅速, 只有一个密封面制造方便等优点, 一般用于低噪音, 无外漏的天然气传输、石化、电厂等中小口径管线系统。环盘形结构阀瓣行程很短, 加之弹簧载荷的作用, 使其关闭迅速, 因此, 更利于降低水击压力, 缺点是结构较复杂, 流通阻力较大, 一般用于垂直管道。根据不同的工况选择合适的结构形式。



(a) 套筒形 (b) 圆盘形 (c) 环盘形

图 1 阀瓣结构

通过阀门进口端与出口端的压差来决定阀瓣的开启和关闭。当进口端的介质压力大于出口端的介质压力与弹簧力的总和时, 阀瓣开启。但开启度由压差的大小决定, 此时阀瓣处于一个动态的力平衡系统中。当出口端压力与弹簧弹力的总和大于进口端压差时, 阀瓣则关闭并一直处于关闭状态。具有良好的阀瓣支撑及导向, 保证阀瓣处于任何安装位置均能与阀座良好对中, 启闭无卡阻, 运行可靠, 密封副始终处于良好的受力和密封时的吻合状态。为保证介质的流通效率, 减小压力的损失, 阀体及座圈都应采用适合介质流动的流线型设计, 阀瓣前表面

设计成圆弧状流线型, 阀体支撑架尾部设计为圆锥结构。流线型通道, 低流阻、水击压力小、流态好、低噪声, 节能环保。

### 3 设计

以圆盘形阀瓣结构为例, 介绍其设计方法。

#### (1) 阀体

轴流式止回阀阀体为铸件, 内腔通道应充分满足过流能力及流线型设计, 以减少压力损失。对薄壁塑性材料, 其壁厚按第四强度理论计算。一般阀体壁厚按设计指定的标准确定阀门的最小壁厚, 再通过标准中的公式进行校核。对于大口径的高压阀门, 一般在阀座部位与法兰区域设有加强筋, 以增大阀体刚性, 防止阀座变形, 同时增设吊耳及地脚, 便于起吊和安装。为保证阀门流量, 阀座最小通径  $D_T \geq 0.85DN$ 。

#### (2) 阀瓣

阀瓣承受的力主要为回流介质力, 应对图 2 中 I - I 截面的剪切应力和 II - II 截面的弯曲应力进行校核。

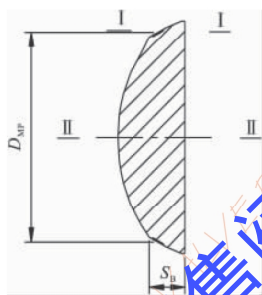


图2 阀瓣截面分析

$$\tau_I = \frac{\pi D_{MP}^2 P}{\pi D_{MP} S_B} = \frac{D_{MP} P}{4 S_B} \leq [\tau] \quad (1)$$

$$\sigma_w = 1.24 P \frac{D_{MN}^2}{4(S_B - C)} \leq [\sigma_w] \quad (2)$$

式中  $D_{MP}$ ——密封面中径, mm

$S_B$ ——密封面中径处截面厚度, mm

$P$ ——设计压力, MPa

$[\tau]$ ——许用剪切应力, MPa

$[\sigma_w]$ ——许用弯曲应力, MPa

$C$ ——附加裕量, mm

阀瓣除满足强度要求外, 其表面应设计成圆弧状流线型, 以减小流阻。

#### (3) 阀瓣行程

阀瓣开启后, 与阀座形成一个环形面积, 此面积应等于或大于阀座最小通径处截面积。对于不同形

式的阀瓣采用不同的方法计算阀瓣的开启高度即阀瓣行程, 锥面密封阀瓣理论开启高度(图3)为

$$H = \frac{H_1}{\sin \alpha} \quad (3)$$

式中  $\alpha$ ——半锥角, ( $^\circ$ )

$H$ ——理论开启高度, mm

$H_1$ ——锥面的垂直开启高度, mm

$$H_1 \approx \frac{A_z}{\pi D_T} \quad (4)$$

$A_z$ ——通道流通面积,  $\text{mm}^2$

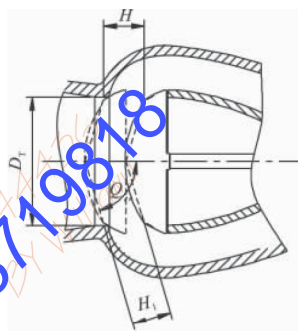


图3 阀瓣与阀座截面

#### (4) 阀瓣前后两端支撑和阀瓣轴结构

对于大口径阀门, 为保证阀瓣在启闭时有良好的对中性, 在阀瓣前后两端均设有导向轴, 并与导向套相配合, 保证密封副始终处于良好的受力和吻合状态, 同时运行平稳、无卡阻。导向轴材料为不锈钢, 导向套材料为不锈钢或铜合金等。

#### (5) 弹簧

弹簧是阀门比较重要的一个元件, 一是弹簧必须保证阀门低压开启, 二是保证阀瓣在任何位置当介质回流时, 阀门能迅速关闭。依据这一原则, 在设计中弹簧选用压缩弹簧, 其中弹簧在阀瓣处于关闭位置时压缩量最小, 在最大开启位置时压缩量最大。压差是保持阀门关闭的主要因素, 而弹簧只是附加很小的回座力。

根据以上原则, 阀门低压开启时须满足条件  $F_J > F_{TC} + F_M$ 。阀瓣在任何位置当介质回流时, 阀门能迅速关闭, 弹簧力须满足条件

$$F_{TC} > F_M \quad (5)$$

式中  $F_{TC}$ ——阀瓣在关闭位置时弹簧的回弹力, N

$F_M$ ——阀瓣组件与导向套的滑动摩擦力, N

$$F_M = G f$$

$F_J$ ——阀瓣在开启时受正向的介质力, N

$$F_J = \frac{\pi}{4} D_M^2 P_K$$

$D_M$ ——阀瓣最小密封内径, mm

$P_K$ ——最小开启压力 ( $P_K = 0.002$ , 水平状)  
或按订货合同要求, MPa

$G$ ——阀瓣组件 (包括导向轴) 质量, N

$f$ ——摩擦系数

根据计算, 可求得同时满足以上条件时的最小  $F_{TC}$  值。

根据阀门的使用条件, 弹簧按 II 类弹簧设计, 材料可选 304, 钢丝直径  $d_T$  为

$$d_T \geq 1.6 \sqrt{\frac{F_{Tmax} K C_1}{[\sigma]}} \quad (6)$$

式中  $[\sigma]$ ——许用切应力, 按 II 类载荷选取, MPa

$F_{Tmax}$ ——弹簧最大工作载荷, N

$K$ ——曲度系数

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.165}{C} \quad (7)$$

$C$ ——弹簧指数 ( $C = 5 \sim 8$ )

首先弹簧的中径  $D$  按结构要求估计, 根据式 (7) 初定弹簧丝径为  $d_T$ , 设定弹簧工作的最小变形为  $\lambda_1$ , 且  $\lambda_1 \approx (1/5 \sim 1/4) H$ , 则弹簧工作的最大变形为  $\lambda_2 = \lambda_1 + H$ 。

按  $F_{TC}$  值, 得弹簧的刚度

$$P' = \frac{F_{TC}}{\lambda_1} \quad (8)$$

$F_{Tmax} = P'(\lambda_1 + H)$ , 代入式 (5) 验证  $d_T$  是否满足强度条件。

$$P' = \frac{G d_T^4}{8 D^3 n}$$

得弹簧的有效圈数  $n$  为

$$n = \frac{G d_T^4 \lambda_1}{8 D^3 F_{TC}} \quad (9)$$

式中  $G$ ——弹簧材料切变模量 ( $G = 10^3$ ), MPa

为保证弹簧工作变形在其允许的范围, 弹簧

工作的最大变形  $\lambda_2$  不超过弹簧设计最大变形  $\lambda'$  的 70%, 即  $\lambda_2 \leq 0.7 \lambda'$ 。

弹簧的自由高度  $H_0 = (n + 1.5) d_T + \lambda'$

弹簧的节距  $t$  为

$$t = \frac{H_0 + 1.5 d_T}{n} \quad (10)$$

根据弹簧计算的各项参数画出弹簧的工作图。

#### (6) 体腔

阀体与导流体形成的环状腔体应设计成流线型, 且每一个横截环状面积基本保持一致并与阀座处截面积接近, 设任一环状截面的外径为  $D_X$ , 内径为  $d_X$ ,  $D_T$  为阀座最小通径, 则有

$$\frac{\pi}{4} (D_X^2 - d_X^2) \approx \frac{\pi}{4} D_T^2$$

$$D_T^2 \approx D_X^2 - d_X^2$$

同时要保证流道的平滑性, 导流体尾部也设计为圆锥状, 保证介质的流通面积, 减小压力损失, 使流态平稳, 无气蚀。

#### 4 结论

在轴流式止回阀中, 压差是保持阀门关闭的主要因素, 而弹簧只是附加很小的回座力。这一特性使得弹簧的弹力很小, 弹簧的反映很灵敏, 阀瓣就能在流体开始倒流时, 给阀瓣于作用力, 使得阀瓣快速反应回座, 保证阀门有较长的使用寿命而不至于损坏。同时, 利用预压缩弹簧形成一个内部预紧力, 对流体的变化起到反应调节作用。可以减缓阀门的启闭速度, 以达到消除或减少因止回阀关闭太快引起的水击现象, 减小噪声, 形成静音效果。

#### 参 考 文 献

- (1) 杨源泉. 阀门设计手册 (M). 北京: 机械工业出版社, 1992.
- (2) 成大先. 机械设计手册 (M). 北京: 化学工业出版社, 2002.
- (3) 陆培文. 阀门设计计算手册 (M). 北京: 中国标准出版社, 2009.

(收稿日期: 2010. 08. 27)

## 书讯

《阀门制造工艺》——本书由化学工业出版社于 2011 年 2 月出版发行, 苏志东、尹玉杰、张清双主编。全书以阀门制造的工艺过程为主线, 主要介绍了阀门制造工艺基础知识、零部件加工工艺、热处理、表面处理、装配、试验等内容。本书涵盖了阀门设计、制造方面最新的技术资料, 实用性、可操作性强。本书可供国内阀门设计、生产制造、应用的工程技术人员学习和参考。全书 660 千字, 16 开本, 书号: ISBN 978-7-122-09404-9, 定价 69.00 元/册。

每册加收书价 10% 的邮寄包装费, 需要者, 请与沈阳经济技术开发区开发大路 15 号沈阳阀门研究所科技开发信息中心的尹玉杰联系, 邮编: 110142, 电话: 024-25653780。

E-mail: sfskxz@china valveinfo.net http://www.china valveinfo.net