

关于硬密封强制密封球阀的研究与设计

闫 含 陆 洋 张润松

中国石油物资有限公司 北京 100029

摘要: 本文论述了强制密封球阀和浮动球阀、固定球阀的优、缺点。论述了强制密封球阀的密封原理、结构设计。

关键词: 球阀; 强制密封球阀; 硬密封

Study and design of hard seal forced ball valve

Han Yan, Yang Lu, Runsong Zhang

China Petroleum Materials Corporation Limited, Beijing 100029

Abstract: The paper discusses the advantages and disadvantages of forced sealing ball valve and floating ball valve and fixed ball valve. The sealing principle and structure design of the forced sealing ball valve are discussed.

Keywords: Ball valve; Forced sealing ball valve; Hard seal

一、概述

球阀是本世纪50年代问世的一种新型阀门,它具有结构简单、紧凑、重量轻、启闭方便迅速、可靠性高、密封性好等优点而广泛应用于航天、石油化工、长输管线、轻工食品、建筑等行业。球阀的结构和品种较多,从密封形式上可分为浮动球阀和固定球阀。

浮动球阀的球体无支撑轴,球体靠两阀座支撑(见图1)。它的特点是结构简单、制造方便、成本低,但它的密封性能与流体压力有关。它通过调整阀体中法兰与接体之间密封垫的厚度来使球体和阀座的接触面上获得足够的密封比压,当球阀处于流体温度、压力波动较大的情况下,往往出现密封比压不足而渗漏或者密封比压过高而加大操作转矩,甚至出现两个阀座将球体“扼死”或损坏阀座等现象。

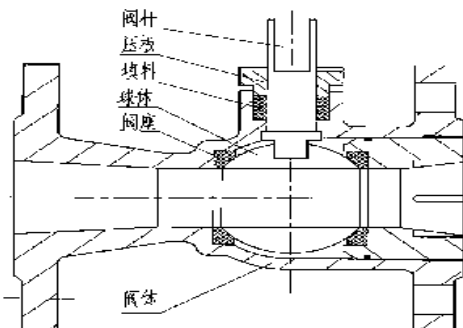


图1 浮动球阀

因此,一般用于低压力、小口径、软密封、温度波动不大的常温工况。

固定球阀的球体与上下阀杆连成一体(见图2),工作时,阀前流体压力所产生的作用力全部传递给阀杆轴承,不会使球体向阀后阀座移动,因而阀座不会承受过大的压力。所以固定球阀工作时的转矩较小,阀座变形小,密封性能也较稳定。但固定球阀的密封需藉助弹性元件获得初始比压(也就是预紧力),以及流体压力在阀座上所产生的差压来保证密封,阀座为浮动结构,阀座结构比较复杂,阀座和球体的加工要求较高,对球体支撑结构也有较高要求,所以固定球阀一般用在压力、口径较大的工作环境下。

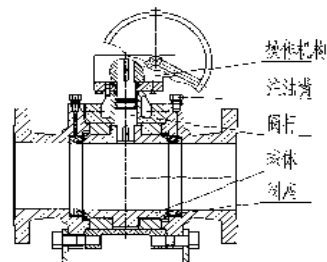


图2 固定球阀

两种形式的球阀都只能靠介质压力获得密封比压,都存在密封面始终接触,并产生不均匀摩擦磨损的问题,距通道中心线越近磨损越大,越远磨损越小,而且容易因为硬质颗粒划伤整个密封面。

强制密封球阀克服了普通球阀的以上缺陷,开启时,球体先滚动离开阀座,再旋转90°开启。关闭时,球体先转90°再滚动到阀座,挤压实现密封。启闭过程中密封面脱离,没有摩擦,而且介质流动可以清洗密封面,

避免硬质颗粒的划伤。

二、强制密封球阀密封原理和结构设计

1. 强制密封球阀的密封原理

强制密封球阀只有单边阀座（见图3），它有类似闸阀的升降式阀杆，阀杆上加工了一条螺旋导向槽，转动手轮，在导向槽的作用下阀杆旋转90°升起或下降，阀门作90°开启和关闭。

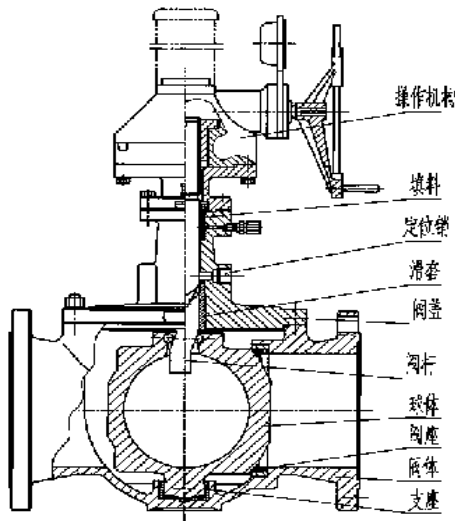


图3 强制密封球阀

当阀门处于关闭位置时，球体在阀杆下部斜楔机构的机械压力下压紧在阀座密封环上。当手轮向反时针方向旋转，阀杆升起，其下端的斜面可使球体从阀座上脱开，继续转动手轮，阀杆升起，在阀杆螺旋槽和导向钉作用下球体旋转，当阀杆升到限位点时，球体旋转90°，球体通道与阀体流道对齐，成全开位置。反之，当以相反方向转动手轮关闭到最后一圈时，在阀杆下端的斜面作楔式机械挤压下，球体被紧紧挤压在阀座上形成密封，阀门处于关闭位置。这种结构大大减少了球体与阀座间的摩擦磨损，操作力矩小，阀座磨损小，使用寿命长。该种阀门可作到PN40MPa DN500mm。最高使用温度可到425℃，密封座材料为四氟、尼龙及金属密封。

强制密封球阀概括起来具有以下特点：

(1) 密封性能好。由于阀门在打开和关闭时均无摩擦状态下进行，球体和阀座的密封面磨损非常小，在开启时由于球体偏离阀座，介质均匀冲刷密封面，密封面损伤小。另外，由于采用单阀座结构，消除了热膨胀问题，不会造成球体“扼死”现象。保证了阀门的密封可靠性和安全性。采用机械楔紧获得密封力，不需籍助介质压力，其低压密封性能更可靠。

(2) 结构简单。该阀采用单阀座结构，可实现双向密封，简化了内腔结构；阀座为固定式，大大简化了阀

座的结构和尺寸。

(3) 操作维护方便。阀门在打开和关闭时，球体和阀座处于脱离状态，同时，力矩传递采用螺纹结构，所以操作力矩小。顶开式设计，可满足安装在管线上时的在线维修的需要。

2. 强制密封球阀的结构设计

强制密封球阀因应用于密封要求较高的工况下，所以均提出了在线泄露检测的功能，在密封面上需设计上、下游两道密封面，在两道密封面间设置捡漏通道（见图4）：

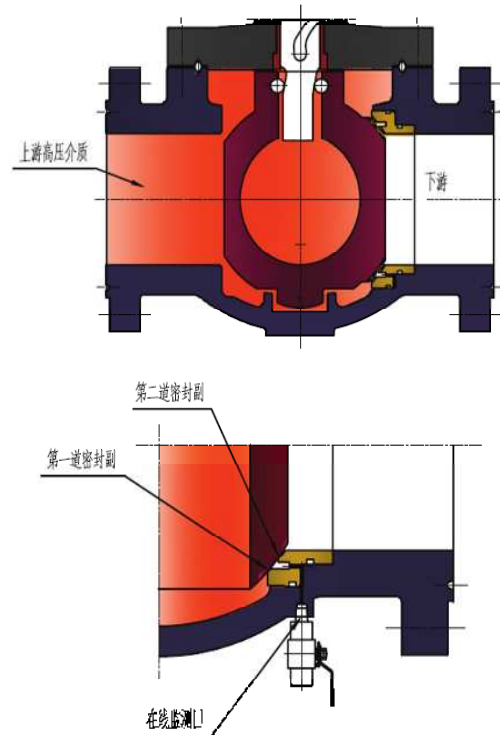


图4 强制密封球阀在线检漏

这样的密封面设计，两密封面的分离造成密封面在球面上的压力角度和变形存在差异。对软密封阀门来说，由于密封材料具有较大的弹性变形，可以通过变形弥补两密封面的差异；但对于全硬密封的密封面来说，整体固定的密封面将不能适应这样的差异，将会造成两密封面不能同时获得稳定的密封。所以，硬密封的阀座需从结构上进行改进。

3. 硬密封阀座结构

为了解决硬密封阀座两密封面同时密封的问题，可以考虑将两密封面分离，采用组合阀座的结构，但必然会造成结构复杂，阀座泄露点增多，所以组合阀座的结构对阀门的密封稳定性影响较大。此时可在整体阀座上加工弹性槽，利用阀座不同部位的弹性变形差异来满足两密封面获得一致的密封比压，实现两道密封面同时密封，结构如图5。

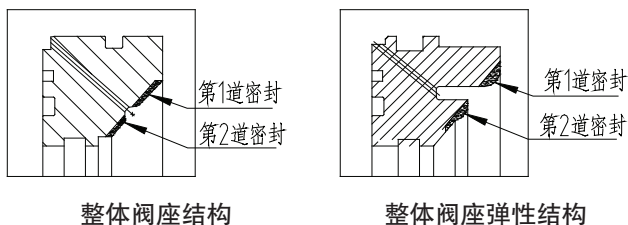


图5 强制密封球阀的弹性阀座

4. 硬密封阀座密封力的分配

强制密封球阀球体在阀杆斜面的楔紧作用下, 向球体水平滚动, 在紧贴阀座的时候, 由于密封面的位置差, 水平方向相同的位移会造成径向的变形差异, 从而导致两密封面密封比压的不同, 影响了两密封面的同时密封。通过调整两密封面的径向厚度和轴向悬臂, 来保证在不同的变形下获得相同的密封面压力。

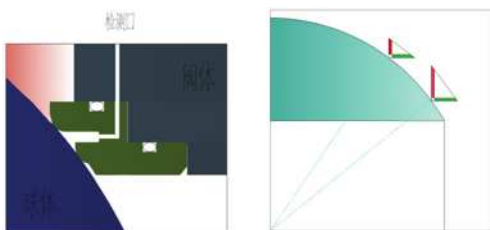


图6 弹性阀座内外密封面变形差异

5. 球阀球体的支撑结构

强制密封球阀的阀座是固定的, 球体的下部支撑是靠阀体下部的支座与球体的耳轴形成支撑, 上部支撑是靠阀杆斜面和固定于球体上的销轴构成。阀杆楔紧时, 为了保证球体均匀向阀座靠拢和挤压, 那么球体不能单纯绕耳轴座转动, 还应保证在球体转动时保持球体中心高度不变, 所以, 耳轴端部的球面 $S\Phi 1$ 应与球体密封面的中心为同心球面以保证球体可顺利转动, 但球体中心高度不发生变化。保证球体中心在阀座回转轴线上移动, 球面与环面的充分贴合。同时, 与耳轴座相配的耳轴头部也应为球面 $S\Phi 2$, 保证球体既能偏转又能限位。

6. 阀杆与球体的连接结构 (见图7)

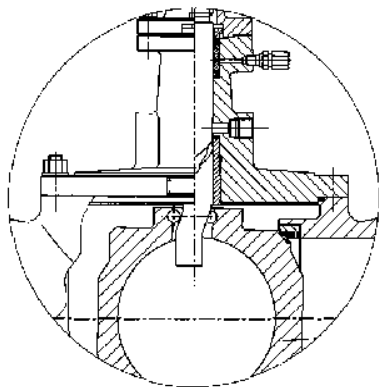


图7 阀杆与球体配合结构

阀杆和球体的连接需具有两个功能: 使球体产生沿

通道方向的移动和绕阀杆轴线的 90° 转动。在阀杆的下端作两平行面, 阀杆作上下运动时, 利用斜面楔紧原理将球体挤向阀座, 产生密封力, 同时, 两平行斜面形成一扁方截面, 通过与两销轴的配合, 阀杆在螺旋槽的导向作用下作 90° 转动, 即可将扭矩传递给球体, 实现阀门的关闭。

三、主要零件的选材

强制密封球阀主要零件材料的选择与使用压力、温度、介质等多方面的因素有关, 根据有关标准和技术要求, 可按下表1选材。

表1 主要零件选材

零件	材料	备注
阀体	碳钢、不锈钢	
球体	碳钢、不锈钢	堆焊硬质合金
密封座	不锈钢+硬质合金	堆焊硬质合金
阀杆	沉淀硬化不锈钢	阀杆头部堆焊硬质合金
滑套	耐磨铜合金或含镍球铁	
填料	V形填料+注脂	
销轴	沉淀硬化不锈钢	氮化处理提高表面耐磨性

四、结语

1. 强制密封球阀可以通过手轮或操作机构对球芯及阀座施加额外的密封力, 形成严密密封, 但反向这需借助阀杆的强度和阀座的弹性, 所以, 根据阀门使用工况, 可规定介质流通方向。如用于有毒有害介质时, 介质从无阀座端进入, 借助介质压力, 可防止意外泄漏; 如用于杂质较多介质, 介质从有阀座端进入, 可防止杂质积存阀体内。

2. 硬密封强制密封球阀为保证两道密封同时获得可靠密封, 可采用组合阀座, 也可在阀座上加工弹性槽, 借助阀座材料的弹性灵活分配密封力, 可组合出不同密封要求的阀座形式, 同时还可弥补阀门零件加工、装配的偏差对阀门密封的影响, 实现零泄漏性能。

3. 在石油化工及长输油气管道领域的国产化项目中对该结构的硬密封阀座已进行了应用验证, 证明该结构有效解决了硬密封阀门双向密封的难题, 为各项目的成功奠定了技术基础。

4. 强制密封球阀综合了闸阀、截止阀、旋塞阀、球阀的优点, 具有其独特的优势, 该产品可能会成为新的油气管道上大量使用的产品。

参考文献:

- [1] 蒋敏. 强制密封球阀的设计与优化[J]. 流体测量与控制, 2021, 2(01): 15-21.
- [2] 张雄飞. 双阀座轨道球阀. 浙江省, 浙江中信阀门有限公司, 2020-05-27.
- [3] 蒋敏. 强制密封球阀密封特性仿真分析与实验研究[D]. 上海交通大学, 2015.