煤气水阀门结构设计与改进研究

陈阿龙　金志远
（欧拉姆阀门科技有限公司　浙江　温州　325000）

摘要：石油、煤炭、天然气是全球能源三大主体。煤炭作为主导能源，其用量极大且应用领域十分广。煤化工行业对国家经济的发展起到了重要作用。煤化工生产过程中，煤气水因成分复杂，处理难度高，一直是生产过程中的痛点。本文对煤气水生产过程中重要的工况阀门进行深入研究，提出了煤气水阀门选型、设计的优化和改造措施，延长煤气水工况阀门的使用寿命。

关键词：阀门；煤气水；煤化工；结构设计；改进

1　煤气水简介

在煤化工生产的过程中，煤加压气化产生的粗煤气中，含有大量的水蒸汽、焦油、轻油、萘、酚、脂肪酸、溶解的气体和无机盐类等成分，需要复杂的工艺进行冷却和洗涤，用以降低温度和去除其中的有害杂质。煤气化过程中的废水主要来源于气化过程的洗涤、冷凝和分馏工段。在气化过程中产生的有害物质大部分溶解于洗气水、洗涤水、贮罐排水和蒸汽分流后的分离水中，形成了气、液、固三态同时存在的多种成分的煤气水。

由于煤气水的成分复杂且状态多样，介质中不但含有水、汽，还有粘度高、降温硬化的焦油、油等成分，给煤气水的管道运送带来了极大的难度。阀门作为管道的重要部件，其寿命以及密封性能的好坏直接决定了煤化工产线的生产进度、操作人员的安全，以及后期维修故障的经济效益，所以管线阀门的选型以及结构设计就成了至关重要的环节。

2　煤气水阀门发展现状

2.1　阀门选型分析

常见的通用阀门有闸阀、截止阀、止回阀、蝶阀和球阀。

闸阀是靠阀板的上下移动，控制阀门启闭。闸板就像是一道门，人通过执行器或者手轮，转动阀杆螺母，将力传递给阀杆，阀杆向下运动，带动闸板向密封面靠拢，直到关闭管道实现密封。闸阀关闭时，密封面还可依靠介质压力将闸板的密封面压向另一侧的阀座来保证密封面的密封。

截止阀又称截门阀，是使用最广泛的一种阀门之一，属于强制密封式阀门，常见为锥面与平面密封、密封效果极佳。其制造与维修都较为方便，密封面不易磨损及擦伤，密封性好；启闭时阀瓣与阀体密封面之间无相对滑动，因而磨损与擦伤均不严重，密封性能好，使用寿命长。

蝶阀又叫翻板阀，是一种结构简单的旋转阀。蝶阀启闭件是一个圆盘形的蝶板，在阀体内绕其自身的轴线旋转，从而达到启闭或调节的目的。蝶板由阀杆带动，若转过 90°，便能完成一次启闭，可用于低压大口径管道的启闭和调节。

球阀的启闭件为球形，有 O 型球、V 型球、全通径球和半球等。球阀在管路中主要用来做切断、分配和改变介质的流动方向，只需要用旋转 90° 的操作和很小的转动力矩就能关闭严密。随着科学技术的飞速发展，生产工艺及产品结构的不断改进，球阀在短短的 40 年时间里，已迅速发展成为一种主要的阀类。

根据煤气水废水的特点，作为非水平直通流道的截止阀直接舍弃，由于截止阀大多为高进低出或者低进高出，流道的结构使煤气水更容易藏纳垢，不容易输送。同是水平直通流道的闸阀的结构依靠精度不是特别高的导向筋，在闸板升降的过程中很容易被高粘度的介质黏沾，导致启闭更难，密封性受损。蝶阀多用偏心旋转，可以避开截止阀和闸阀的问题，但是偏心的强制密封会在介质黏沾后，启闭困难，寿命受损。而且，由于结构简单无法进行自清洁以及单阀座等因素，故而本文推荐使用目前结构更好、精度更高的球阀。

2.2　煤气水球阀

球阀常见的有浮动球阀、全径固定球阀、缩径球阀、偏心半球阀和上装球阀等。针对煤气水工况，虽然使用温度并不高，通常在 95 ～ 170℃，但是介质冷却硬化会黏沾在密封面周边，刮伤密封面导致密封副失效，多用硬密封全通径球阀。常规硬密封全通径球阀相较于闸阀、截止阀、蝶阀有以下优势：

（1）全通径流阻系数小，可以尽可能地减少流量损失；

（2）阀杆具有防飞出结构，可以实现阀门带压更换填料的安全操作；

（3）防静电结构，可避免由于非导电介质覆盖导致静电产生，更加安全；

（4）阀门锁定装置，可防止误操作或者露天恶意操作；

（5）双阀座密封，前后阀座都可以实现双方向密封。

2.3 煤气水阀门常见的故障

（1）阀座抱死：停机后，煤气水阀门需打开泄压时，阀芯阀座抱死，无法打开，继续用力导致涡轮头崩断（图 1）。

（2）阀杆变形：开关卡涩费力，高温下，阀杆过度操作，导致头部键槽变形（图 2）。

（3）开关不到位：阀门关闭后仍然泄漏，打开后完全打开。

（4）下阀杆泄漏。

（5）阀芯密封面刮伤严重（图 3）。

（6）弹簧座卡死，无法回弹（图 4）。

3 常见故障分析

3.1 阀座抱死问题

通常煤气水阀门在常温下工作可以正常启闭，但在正常工作加热后停机，常会出现阀芯无法启闭的问题，强行增大关闭阀门的输入力矩，可以关闭阀门。但是，不了解抱死原因，强行启闭阀芯，将导致执行器涡轮柄扭曲甚至断裂。阀座抱死故障的原因为设计时未考虑高温下系数以及介质的特殊性，在常温下预紧力偏大便于密封，但在工作时，煤气水介质和温度的共同作用导致阀门启闭瞬时转矩过大，导致阀座阀芯抱死。

3.2 阀杆变形

固定球阀阀杆带涡轮装置的头部位置，多采用键槽方式作为转动结构。键槽结构本身对于阀杆是最常见的连接方式，但阀杆强度不够，将导致阀门启闭时阀杆扭曲甚至变形。

3.3 开关不到位问题

加热工作状态时，涡轮执行器及其他执行器的煤气水阀门转矩会比较大，启闭瞬间静态摩擦向动态摩擦转换时，表现尤为突出。巨大的摩擦力，使执行器带动阀杆转动球心时，产生很大阻力，多次操作过后，执行器和阀杆之间的缝隙导致执行器与球心不同心，从而导致阀门执行器关闭不到位，出现轻微泄漏的情况。

3.4 下阀杆泄漏问题

下阀杆位置为了获取更好的密封性，多数会采取 O 型圈密封件，煤气水的成分复杂，粘度高，降温硬化，导致阀杆 O 型圈等密封件，存在被硬化后介质破坏的现象，致使使用一段时间后下阀杆泄漏。

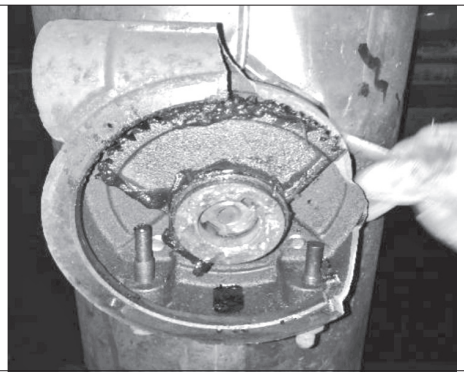

图 1 阀座抱死导致涡轮头崩断

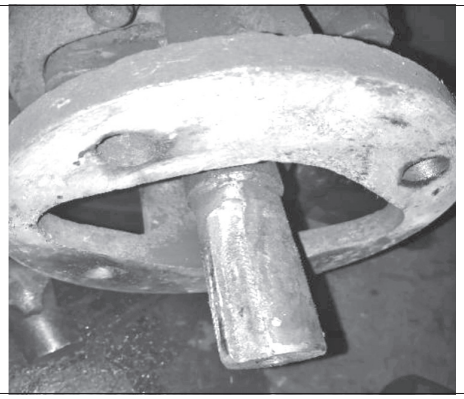

图 2 发生变形的阀杆

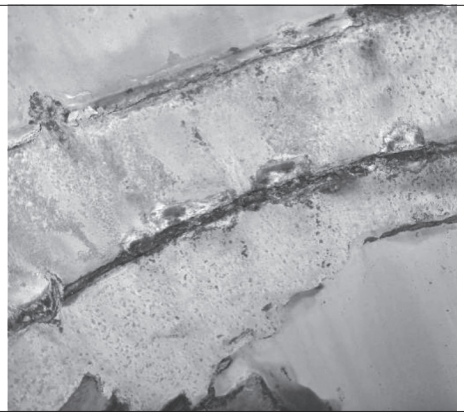

图 3 刮伤严重的阀芯密封面

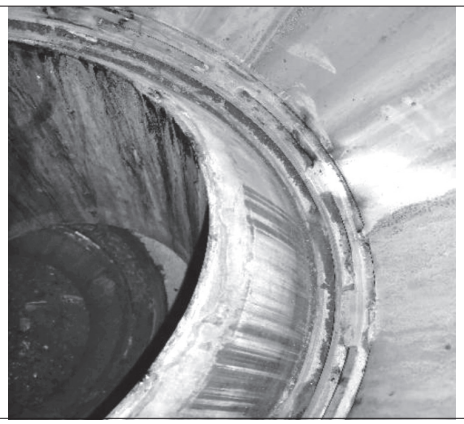

图 4 阀门弹簧座无法回弹

3.5　密封面刮伤问题

煤气水介质成分多样，有粉尘颗粒物，长期启闭对密封副硬度要求较高。球体未进行硬化处理或者硬化不高时，在大转矩操作下，硬质地颗粒物摩擦会频繁划伤不够坚硬的密封表面。

3.6　弹簧座卡死问题

固定球阀球体是上下杆固定，靠弹簧座提供预紧力，再由介质力补充，将阀座推向球体，是阀门密封。弹簧座与阀体之间存在一定间隙，使阀座能自由活动。介质进入到弹簧的活动间隙内，使弹簧无法回复到非工作状态，同时封闭空间在高压力下不断挤压，造成活动的阀座无法正常工作，出现弹簧座卡死的情况。

4　煤气水阀门结构设计与改良

4.1　阀座改进

煤气水废水自带高粘度特性，为了避免或者减少阀座球心抱死的问题，推荐将阀座增加自清洁设计，使阀座在每次启闭时都能对球体和阀座进行自清洁，最大限度减少残留介质对阀座和球体摩擦力的影响。其次，将实际工况 200℃的热膨胀系数以及弹簧应力考虑到阀座预紧力中，从而减少或避免高温下阀座与阀芯抱死问题的发生（图 5）。

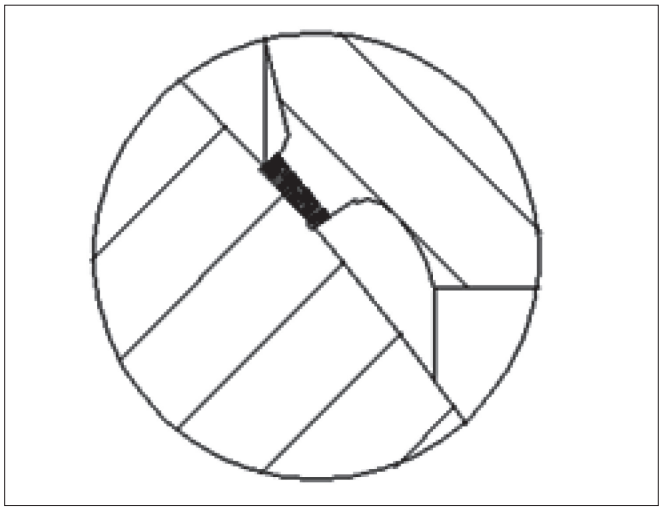

图 5　自清洁结构示意图

4.2　阀杆结构改进

煤气水工况的阀门阀杆，不能按照通用阀门的设计系数进行计算，需要充分考虑合理的温度因素以及介质粘度因素，从而在成本允许的前提下，增大阀杆的屈服强度，可以通过选取高强度的 17-4PH 或者其他高强度不锈钢，不仅满足防腐要求还有更高的强度，同时增大阀杆直径。

4.3　开关定位结构改进

针对开关静摩擦力大，开关瞬时转矩大，导致执行器与阀杆球心不同心的问题，可以进行执行器定位设计，将执行器机构、连接部件、阀体三部分进行配置定位（图 6）。通过高强度的 45# 钢材质圆柱销，将三部分进行静态定位，使执行器在启闭的全过程都牢牢地与阀体、阀杆球心保持一致，从而解决开关不到位的问题。

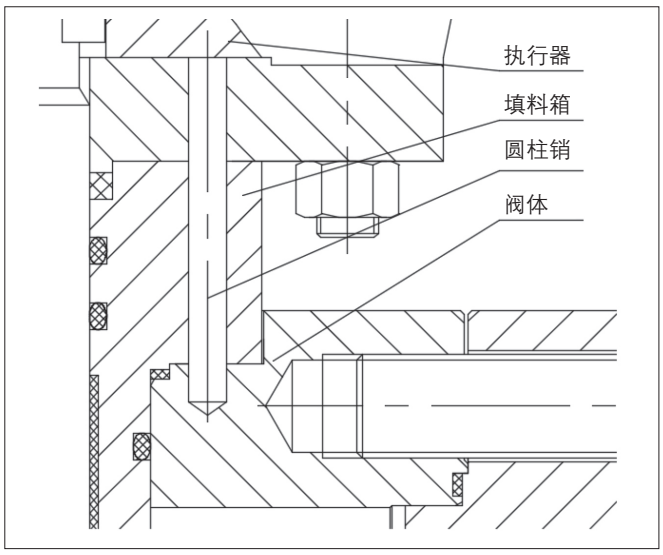

图 6　开关定位结构图

4.4　下阀杆结构改进

固定球阀通常采取一体式或者分体式下阀杆，作为球体的支撑。但是，考虑多泥浆、粉尘以及煤气水的工况，减少外漏点是十分重要的设计理念。所以，将下阀杆结构更改为衬板结构。衬板结构是将球体固定在支撑板上，支撑板则与固定在两端阀盖连接。此设计（图 7）可去除下阀杆外漏的问题。

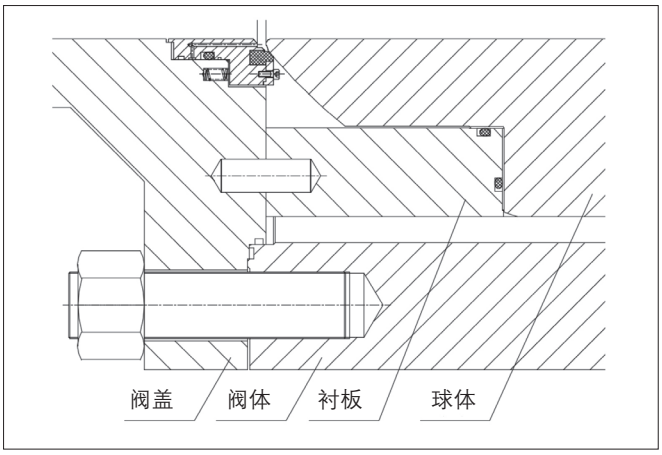

图 7　改进后的下阀杆结构图

4.5　密封面改进

煤气水阀门内有多重杂质，硬度高但是温度并不高。因此推荐使用喷涂碳化钨，喷涂 TTC 后，球体密封面硬度提升到 HRC ≥ 70，阀座硬度提升到 HRC ≥ 65，可以适应煤气水介质的硬度要求，而且防腐性能也十分

（下转第 27 页）

整体吊装于相应的承轨梁上，根据实际情况使用若干木垫块进行支撑，用软质绳线通过落水管将轨道与大梁进行固定（图 3）；⑦先将垫块附近区域进行冲砂完成后，使用小型千斤顶，顶升轨道，移动垫块到已冲砂区域，完成后续冲砂涂装后，继续使用千斤顶移动垫块，完成后续工作；⑧完成涂装后，将轨道按上述方法重新固定，将前后大梁转运吊装上胎，在短轨安装位置下安装不锈钢垫板，在长轨安装位置下安装橡胶垫板；⑨使用千斤顶移除垫块，调整短轨安装位置，确保止挡块和短轨契合到位，按要求安装轨道压板，从铰点处向两侧安装；⑩长轨部分至少需要安装 5m 范围的轨道压板，调整精度和公差，焊接剩余短轨的止挡块，由铰点向两边的方向依次安装剩余的轨道压板，注意精度和公差控制；调整整体精度和公差，检查报验。

3.5　整体检验

（1）检验大梁的整体直线度、水平、拱度和旁弯等，复核各耳板的开档尺寸、垂直度和至轨道面的高度满足图纸要求，如超差应进行校正；

（2）以零位点轨道上表面及地样线为基准，复核前后大梁整体的中心线、各轴孔的中心线及前端和尾部横梁的各向中心线，如有偏差，需根据零位点重新调整。

4　结语

本文对双箱梁结构的桥吊前后大梁在拼装时的工艺和要点进行了详细介绍，介绍了制作的流程和注意要点，为后续多台订单的顺利施工，减少重复编制工艺的时间，以及完善体系文件等各方面工作节约了大量时间。通过后续项目的验证，证实了其科学性、可行性和适用性，对后续的桥吊前后大梁结构的拼装具有较强的借鉴意义。

参考文献：

[1]GB/T 3811-2008，起重机设计规范 [S].
[2] 张质文，等．起重机设计手册 [M]. 北京：中国铁道出版社，1997.

作者简介：张淼（1990.05-），男，汉族，江苏如皋人，本科，工程师，研究方向：机械设计及管理。

（上接第 23 页）

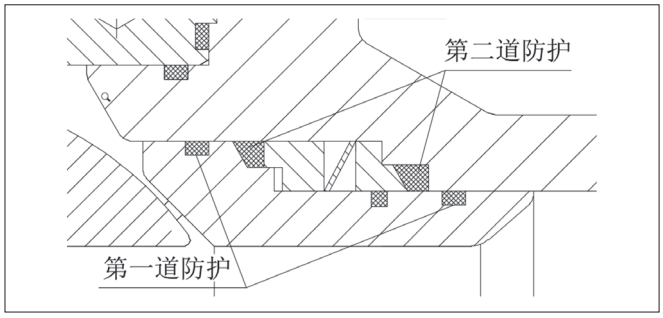

图 8　双密封的弹簧座结构图

可靠。

4.6　防尘改进

弹簧座作为固定球阀提供预紧力的重要机构，能否正常工作，直接关乎阀门的密封性以及正常工作。本文推荐使用 O 型圈、唇形圈或菱形石墨密封圈，对弹簧座进行至少双密封以上的防尘保护，确保阀座的正常工作（图 8）。同时，此方法还适用于阀杆、球孔等位置。

4.7　材质改进

煤气水介质对于防腐性要求并不是特别高，为了更好地减少热变形的影响，不论是主体材质还是内件本体材质，均可以选取碳钢和马氏体不锈钢等热膨胀系数相对较低的材质。

5　结语

随着能源行业的发展，在确保现有煤化工生产的基础上，提高现有配套阀门设备的性能，从而降低煤化工行业的生产成本，提高煤化工的生产效率，是市场需求提出的要求，也是机械设计人员的责任。本文针对多年的实际生产以及现场反馈，针对煤化工行业的煤气水阀门的选型、设计以及部分材质进行了阐述，希望能通过优化设计，为煤化工行业提供更加安全可靠、经久耐用的产品。

参考文献：

[1] 邹海旭．煤制天然气气化工艺几个问题探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量，2012,33(13):23.
[2] 赵嫱，孙体昌，李雪梅，等．煤气化废水处理工艺的现状及发展方向 [J]. 工业用水与废水，2012,43(04):1-6.
[3] 莱昂斯．阀门技术手册 [M]. 袁玉求，译．北京：机械工业出版社，1991.
[4] 陆培文．实用阀门设计手册（第三版）[M]. 北京：机械工业出版社，2012.

作者简介：陈阿龙（1988.12-），男，汉族，浙江温州人，本科，工程师，研究方向：机械特种阀门研发。