

# 机械密封单端面密封改双端面的应用设计研究

蒋俊杰

(中海油惠州石化有限公司, 广东 惠州 516086)

**【摘要】**作为在石化行业的流体离心泵当中作为常见的密封方式之一, 机械密封的应用十分广泛, 而在机械密封当中存在着两种不同的密封方式, 包括单端面密封以及双端面密封方式, 在石化行业当中由于不同储存液体的特性存在着差异性, 因此应用到的密封方式也有所不同, 结合单端面密封以及双端面密封的特性进行研究发现, 单端面机械密封其安装便捷, 结构简单, 作为最常见的机械密封系统同时存在着缺点, 密封性较差容易出现微量泄露现象, 双端面机械密封系统在更加复杂的高需求环境当中同样适用, 因此本文将结合双端面机械密封以及单端面机械密封的具体特征分析单端面改双端面的具体设计应用。

**【关键词】**机械密封; 单端面密封; 双端面; 改造设计

引言: 机械密封广泛应用在石化行业当中, 以较好的密封性保障石油储备以及运输过程不会出现泄露现象, 现阶段在石化行业中应用到的机械密封存在着不同的形式, 适用于各种不同的石化资源储存环境, 而其中双端面机械密封优于单端面机械密封形式的使用效果, 能适应更加复杂的环境, 在强腐蚀以及高温、易燃易爆介质的储存环境中形成安全密封效果, 基于双端面机械密封系统的良好使用价值, 需对其余单端面机械密封系统进行改造升级, 改造成为双端面机械密封, 以更好的使用性能满足石化行业的实际需求, 才能促进石化行业的长久稳定发展。

## 一、单端面机械密封简述

### (一) 工作原理

单端面机械密封作为在石化行业中常见的机械密封系统, 主要是由一对密封端面组成, 因其结构较为简单, 制造与安装简易, 在以往的石化行业中广受青睐, 通常情况下单端面机械密封系统适用于具有润滑性的介质储存环境, 或是在石化行业允许出现轻微泄露的情况下应用。但是由于单端面机械密封的简易结构, 无法应用到易燃易爆等介质储存环境中, 石化行业的相关介质储存如若存在着严格的要求则不能应用。单端面机械密封结构通过旋转部件以及静止部件构成, 由二者进行相对运动产生压力形成密封作用, 在单端面的机械密封中动静环面作为主体。运作时, 单端面机械密封系统在流体压力作用下达成补偿作用, 形成密封效果。通过在静环与动环的弹簧圈压力下与介质产生压力, 在动环与静环之间产生液体薄膜对液体介质进行封存<sup>[1]</sup>。单端面机械密封系统即使在长久运行下造成动

静环之间的磨损也能及时通过弹簧座的设备补偿作用正常运行。单端面机械密封设备在运行时需充分的考虑到有关于轴承与机械泵轴之间的关系, 预留介质必需空间, 结合不同应用场景, 保障动静环材料的选择适应不同的环境需求, 保障良好的机械密封稳定状态。结合我国石化行业相关规定, 需保障在石化资源储备以及运输过程当中应用到的机械密封系统其处于旋转垂直端面, 在流体压力下借助于补偿结构的弹力作用, 保障与密封辅助设备紧密贴合并始终滑动, 避免流体泄露。

### (二) 适用环境

在上文当中提到, 由于单端面机械密封系统结构简单, 容易安装的特性, 促使其广泛应用到石化行业当中, 但是考虑到其密封性程度较差, 无法应用到涉及危险品、介质杂质众多以及液体温度较高的情况下。并且考虑到单端面机械系统其实际投入使用成本问题, 往往会造成长时间使用下由于机械零部件损坏产生的泄露现象。因此在使用过程当中需充分考虑结构完整性, 要求设定转轴跳动率小于 0.04mm, 且轴向窜动量不能大于 0.1mm。单端面机械密封系统使用中需控制端面清洁状态, 如若在长久使用下出现积尘现象则需进行及时的清理。同时检测密封端设备破损现象, 如若发现任何破损则不能投入使用, 避免杂质通过破损之处进入, 影响到设备内的介质纯净度。在安装过程当中需注意避免对设备造成碰撞与打击, 容易影响到设备密封效果, 出现严重的破损将会失去密封作用造成严重的介质损耗现象, 影响到石化行业的经济效益<sup>[2]</sup>。在设备安装过程中需在端面与设备之间涂抹润滑油避免出现设备摩擦造成的损耗问题或是影响安装等。安装

静环时需首先确定轴心位置，并对静环进行调试，达到既定设计位置后，保持稳定的安装力度实施螺丝等构件的安装。动环在静环之后进行安装，需充分保障各个环节之间存在一定空隙可供移动。完成总体的安装后检测动环与静环的安装效果，单端面机械密封系统在运转前填充介质避免出现干摩擦造成损坏。

## 二、双端面机械密封优势

### （一）密封原理

相较于单端面机械密封系统，双端面机械密封系统具有较好的密封性，能在高温介质环境中应用，或是在气体介质、纤维介质、易燃易爆等危险介质当中应用。双端面机械密封应用在高真空环境的密封作用，保障石化行业中的各种物质都能借助于这一设备实现良好储存效果。其不仅能重复单端面的运行效果，也可在石化行业的重点工作环境中应用，避免易燃易爆以及危险毒害等物质泄露，具有较高保险性。在对化工产业的高压介质进行密封时需保障双端面机械密封系统的两端压差处于较为符合状态的差值，提升密封故障压力范围，保障密封效果。双端面机械密封系统其原理与单端面大体相同，同样依靠于旋转轴线相垂直地端面在流体压力下以及补偿结构的弹力作用下，借助于辅助密封保障始终

贴合状态，产生相对滑动作用避免流体泄露。双端面机械密封系统在运行中，流体压力与弹性元件共同产生合力，在双端面密封装置的端面上产生了另一明显压力比，促使接触端面之间相互贴合，并在两端面之间产生狭小的液态膜，形成密封作用。双端面机械密封系统结构中端面结构分为两道，如若一级密封失效，在二级密封的性能保障下仍旧会形成良好密封效果。双端面机械密封系统防泄漏性能较好，一般情况下的双端面机械密封需由外在密封液系统向密封腔灌注封液实施封堵，并同时达到润滑与冷却作用，大多数情况为循环冷却使用效果，密封液彻底对机械密封环境进行清洗，降低摩擦作用，优化运行结构，并对一级密封面的密封效果具有检测作用。

### （二）结构

相较于单端面，双端面拥有两个摩擦副结构，分别由两组动静环组成，但在特殊情况下也可由两个动环或是两个静环共用一个静环或动环的方式存在。双端面机械密封其分类多种多样，基于密封液系统压力的存在进行区分，分为有压以及无压两种不同形式，有压双端面机械密封系统其实际压力与一级密封压力相比，高出  $0.01 \sim 0.03\text{MPa}$ ，此时若一级密封发生泄露，泵中将会渗漏密封液，与外界形



成间隔,避免介质泄露,在密封液进入到泵中后,密封液系统压力与液位降低,实现及时监测警报。在无压双端面密封系统当中,分为常压与微压两种不同形式,与一级密封压力相对比较低<sup>[3]</sup>。在无压双端面密封系统中的一级密封出现泄露时的介质会进入到密封液系统中,促使密封液系统的实际液位与压力上升,在压力开关以及液位开关下对泄露现象进行监测与警报,依据此判断双端面机械密封是否失效,同时也是与单端面机械密封系统最明显的区别之一。

### 三、单端面机械密封改双端面机械密封应用设计

#### (一) 改造详情

结合笔者的工作环境,对于工作当中涉及到需进行改造的单端面机械密封系统进行分析,芳烃分离装置生产加工 C9+ 组分,现阶段应用到的机泵就是单端面机械密封系统,由于塔底温度逐渐从 160℃ 上升到 200℃,在高温环境下,促使脱甲苯塔底泵 P-0103A/B 以及脱重芳烃塔底泵 P-0104A/B 中应用到的机械密封系统中冷却水温度随之提升,造成机械密封失效现象,严重的会造成介质泄露,引发大规模火灾爆炸事故。因此,需结合当前工况,对工作中应用到的单端面机械密封系统设计改造,改为更适合安全生产需求的双端面机械密封系统,保障安全生产。在单端面机械密封改为双端面机械密封中的辅助系统设备其定位与相关管道的安装等施工环节需结合现场实际环境,并结合设备厂家提供的改造材料,对设备中的管道进行率先改造,这是为了为后续辅助系统进行改造时供给充足的氮气压力源,并在管道当中形成循环冷却水对密封液进行冷却。在机械密封设备中若无循环冷却水,则需将循环冷却水在改造管道设计图当中引到机械密封系统处。整体单端面机械密封改造计划中的主体为脱甲苯塔底泵 P-0103A/B 以及脱重芳烃塔底泵 P-0104A/B 机泵,其中需改造的机械密封辅助设备的型号为 PLAN21+PLAN53B。结合现场已有的 PLAN21 系统,整体改造流程处于完备状态。在本次改造设计当中,主要是为机械密封系统的循环水进出水总线开 DN20 分支循环冷却水转到 PLAN53B 系统中,形成循环冷却水供给效果。PLAN21 系统维持原有的状态不变<sup>[4]</sup>。同时在双端面机械密封当中新增氮气管线,为辅助系统供给压力源。从服务站的氮气管线 25-NG-0109-01-M1A 阀后引一根 DN25 的氮气管线 25-NG-0109/1-01-2TB11 上管架,并沿管线铺设管廊。同时在新增管道引线的基础上分引 DN15 管线 15-NG-P0103AB-2TB11 及 15-NG-

P0104AB-2TB11 到机械密封系统的上方,调整阀门安装高度,结合现场实际情况对于管线的位置尺寸等进行分析。

#### (二) 改造设计

在本次改造工作当中应用到的管线材料均为 06Cr19Ni10 及 20#, 钢管材质标准为 SH/T3405-2017, 并且需保障应用到的管件其材质、壁厚与管道相一致。应用到单端面机械密封改双端面密封中应用到符合 API 标准的钢制结构阀门,法兰、垫片以及紧固件的选择需按照 SH/T3406-2013、SH/T3407-2013、SH/T3404-2013 进行选择。在正式实施改造前,需对管道材料进行预处理,在管道表面刷涂防腐材料或是喷漆作业,避免在后续管道应用过程中出现严重的腐蚀现象,对于管道表面进行处理,在喷漆前,需严格按照要求对管道以及钢结构表面进行处理,以规范化的处理效果保障管道质量,最终管道处理完毕后需达到 Sa2.5 级的除锈效果。碳钢管道需在表面涂抹防腐材料。对改造作业中的管道喷漆进行设计,其中不保温的碳钢管道以及低合金钢管道等,如若经过检测,在设计中实际温度小于 100℃,应用无机富锌底漆进行初次喷刷,等待漆面彻底干燥后,喷刷两遍环氧铁中间漆,同样等到漆面彻底干燥后,应用可覆涂丙烯酸聚氨酯面漆进行最后两遍的喷涂<sup>[5]</sup>。最终检测管道表面的涂层干膜实际厚度,应不小于 250 μm。预制管道也是在整体改造工作当中关键性环节,需严格按照 SH/T 3517-2013 中相关要求对管道进行预制处理,注意在预制管道前与管道布置图进行反复仔细核实,避免由于人为误差造成返工现象。管道的实际用量需在下料时严格控制,如若管道切割余量大于 100mm 以上则不能视为废料,应作为剩余材料上交,进行登记保管,以备后续工作循环应用。对管道进行焊接,并对接头进行预热处理,应按照现场设备以及工业管道焊接施工规范中的标准严格制定相关规定。涉及到支吊架安装,应按照设计文件当中的具体要求进行规范化的安装,避免出现失误,在支架安装时的有限位距离或者限位方向等均需依照设计图中的具体位置以及设计文件中的相关要求进行控制。在施工过程中,管道支吊架的位置需依据轴测图以及管道平面布置图中的既定位置进行摆放。安装阀门时,对照设计文件中的型号,按照固定的工艺流程对介质的实际流向进行核实,明确阀门的安装方向,保障阀门方向与介质流向相一致。且如若阀门与管道通过法兰或是螺纹方式进行连接时,需控制阀门在安装时处于关闭状态。同时对于改造

设计中的其他环节,均需按照设计图以及施工现场实际情况进行分析,在保障与设计材料相一致的基础上,实施精准的改造应用,由于在设计图当中无法保障精准的无误差效果,涉及到的材料尺寸均需结合现场实际为基准,包括管道的拆除以及预制等,在确认现场无误后实施建设。

#### 四、改造后双端面机械密封系统应用

##### (一) 系统工作原理

经过改造后的双端面机械密封系统主要是由储液罐、测量单元、监测控制部件、控制阀门与管路等组成,其整体工作原理主要是通过储液罐提供缓冲液,供给大气密封侧拥有充足的缓冲液后,在机泵处于正常运行状态时,将缓冲液运输到维持循环泵当中,并保障储液罐中的氮气管线处于开启状态。储液罐与大气密封腔中灌入充足的缓冲液,连接密封腔的管路以及储液罐的部分空间在氮气作用下维持固定的压力,氮气压力始终高于缓冲液压力。因此即使一级密封出现渗漏现象也不会影响到二级密封,如若液位压力大于低液位压力设定值,则会触动开关警报,及时发出警示。缓冲液需定期更换或是排放<sup>[6]</sup>。在更加严密的双端面机械密封系统介质输送过程当中,避免以往出现的泄露现象,达成大气环境中介质的零排放效果。

##### (二) 系统作用

双端面机械密封系统通过改造设计后,为大气侧密封提供充足的缓冲液,形成正常压力控制密封效果,并转移密封运行过程中的摩擦热,并改善密封端面的润滑性,建立理想机械密封环境,保障机械密封系统使用寿命延长同时形成可靠密封效果。改造设计完成的双端面机械密封系统在实际应用中能降低介质泄露概率,达成大气零排放的污染率。通过系统中的液压变化实时监控运行状态,全面分析系统运行问题,避免系统运行故障。

##### (三) 系统安装

经过严密的改造设计后的双端面机械密封系统安装需结合PID设计图中的实际要求,结合装配设计中的具体流程对双端面机械密封系统进行安装。对系统的具体安装位置进行确定,结合装配设计,调整密封盖上的缓冲液位置角度,设定储液罐的最佳安装位置应为距离密封压盖的最短距离点位,并检验安装完成后的储液罐对于视窗以及仪表的影响,是否干扰管路,对固定支架是否会造成影响,安装储液罐支架需保障与实际尺寸相符的情况下,在坚硬地面上实施安装。检测储液罐的实际高度,是否达到示意图中的标准,在支架上固定储液罐后,

检测是否存在手动补液装置,如若存在手动补液装置,则同样需将手动补液装置安装在储液罐支架上,应用到不锈钢管对管路进行连接,计算管路上倾斜度是否达到标准的100mm/240mm。在焊接中同样需要应用到对焊接后的管道进行仔细检查,保障管路通畅,避免出现脏堵现象。应符合图纸实际要求,符合工作现场的1.5倍以上压力。管路的布置应有助于管路中的气体排放到储液罐当中,避免出现任何影响到管路通畅现象发生。降低流体与管道之间的阻力,避免应用90°以内的拐角管道,需使用大角度弯进行过渡。同时在储液罐中的缓冲液入口位置的安装与密封盖的缓冲液出口相连接,在储液罐上的众多缓冲液出口需与密封压力盖上的入口相连接,并固定管线,经过不锈钢硬管连接后的管道位置固定后,避免随意移动或是调整。连接管线接头,检测管线密封性,保障在温差过大环境以及振动环境当中始终维持良好密封效果,避免产生松脱问题。在安装过程中需注意罐体保护措施,避免任何杂质进入到罐中或是剧烈的操作行为造成储液罐损坏,避免使用坚硬或是尖锐物体靠近视镜,禁止敲击罐体造成损坏。最后对安装完成的罐体进行清扫处理,避免存在氧化物与焊渣,并检测电气连接开关,控制电气连接安全保障。

结束语:综上所述,作为在石化行业中的关键性系统,双端面机械密封系统具有高密封性能,储存介质时能避免介质泄露现象的发生,保障安全储存效果,因此本文结合单端面机械密封系统的运行原理研究改造设计方案,以确保双端面机械密封系统在石化行业中的良好运行效果,为石化行业的前进发展作出保障。

#### 参考文献:

- [1] 王兆宝. 双端面机械密封失效分析及应用研究[J]. 石油和化工设备, 2021, 24(11): 97-99+102.
- [2] 张治恒. 双端面机械密封在离心原油泵上的应用[J]. 设备管理与维修, 2020(08): 106-107.
- [3] 赵远. 单端面机械密封故障的分析与处理分析[J]. 装备维修技术, 2020(02): 119.
- [4] 程健梁. 机械密封复合织构化端面密封性能与形貌演化[D]. 浙江工业大学, 2020.
- [5] 魏汤尧, 蒋忠根, 梁红. 浅析单端面机械密封故障的分析与处理[J]. 通用机械, 2019(11): 64-67.
- [6] 王洪群. 带弹性密封环的单端面机械密封和双端面机械密封. 浙江省, 浙江长城减速机有限公司, 2016-03-01.