

Reliability Upgrading and Reformation of Mechanical Seal for Atmospheric and Vacuum P2103 Pump

Guowang Li

CNOOC Zhongjie Petrochemical Co., Ltd., Cangzhou, Hebei, 061100, China

Abstract

For many years, the atmospheric and vacuum P2103 pump position has been using a single-end mechanical seal. The mechanical seal design has a low selection standard and a single function. The seal has end-face chipping, bellows breakage and other extreme failure problems, which are prone to safety hazards. At the same time, due to the lack of safety protection of the single seal, once the treatment is delayed, it will cause a fire accident, which will pollute the environment. Through the transformation and technical upgrade of the mechanical seal of the pump position and its auxiliary system, the safety level of the active pump is improved, and the safe and reliable operation of the equipment is essentially ensured.

Keywords

single face seal; upgrading and reformation; auxiliary system

常减压 P2103 泵用机械密封的可靠性升级改造

李国旺

中海石油中捷石化有限公司, 中国·河北 沧州 061100

摘要

多年来, 常减压 P2103 泵位一直采用单端面机械密封, 机械密封设计选型标准低、功能单一, 密封出现端面碎裂、波纹管断裂等极限失效问题, 很容易产生安全隐患。同时, 由于单密封缺乏安全保护, 一旦处理滞后会导致着火事故, 从而对环境产生污染。通过对该泵位机械密封及其辅助系统进行改造和技术升级, 提升现役泵安全等级, 从本质上保证设备安全可靠运行。

关键词

单端面密封; 升级改造; 辅助系统

1 引言

石油化工企业是中国经济发展的中流砥柱, 其生产过程中的“动脉”一般是指流体输送设备。其中, 机泵的数量占很大的比例, 在这些机泵中, 以高温泵、轻烃泵、有毒有害泵为关键泵位。这些设备中所使用的流体介质大多是易燃、易爆、毒性和强腐蚀等特性, 在实际生产中, 它们带来了巨大的潜在危险性, 它们的稳定运行对于整个装置的甚至于整个企业生产过程的长周期安全运行起着至关重要的作用。

机械密封及辅助系统作为机泵的重要组成单元, 对机泵

的稳定运行起着重要的作用。随着中国的国力日益强盛, 对安全、环境保护与健康的要求也不断提高。为了进一步提高设备运行时间, 提升现役泵的安全等级, 从本质上保证设备稳定运行, 同时配合集团公司的安全整治要求, 笔者对常减压装置 P2103 泵位的机械密封进行了升级改造。

2 改造升级方案

2.1 改造前机械密封及辅助系统配置说明

2.1.1 配置简介

常减压装置 P2103 泵, 其应用工况参数如表 1 所示, 该泵自投入使用到升级改造前, 机泵密封一直采用单端面波纹管机械密封结构(如图 1 所示), 辅助冲洗方案采用 PLAN21 方案(如图 2 所示)

【作者简介】李国旺(1968-), 男, 中国河北沧州人, 工程师, 从事设备管理研究。

表1 密封所处工况条件

装置名称	常减压装置	介质	柴油
泵型	80AYII-100	温度(℃)	288
泵位	P2103	入口压力(MPa)	0.1
轴径(mm)	44	出口压力(MPa)	0.8
轴转速(rpm)	2985	机封腔压(MPa)	0.12

2.1.2 方案说明

(1) 密封结构选用说明

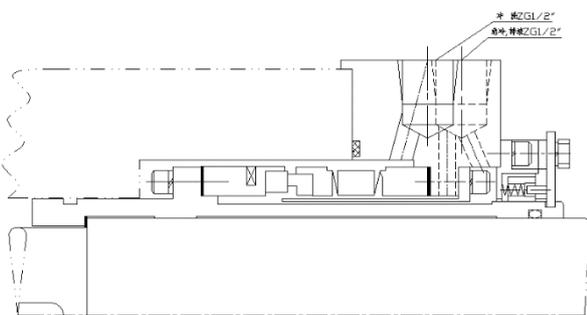


图1 单端面波纹管密封示意图

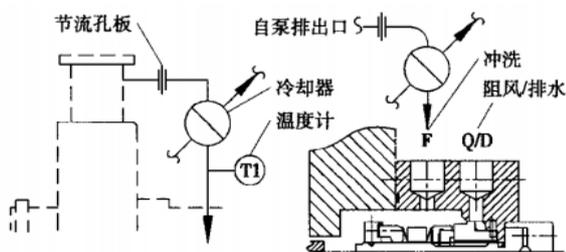


图2 PLAN21 冲洗方案示意^[2]

波纹管机械密封因其使用温度高、耐腐蚀、性能可靠等特点在炼油行中得到了广泛应用^[1]。结合该泵位的使用工况,该泵输送的流体为高温柴油,因此该泵配置的是单端面波纹管机械密封。

(2) 辅助冲洗方案选用说明

密封的长时间安全、稳定地运行,取决于密封的工作环境,而密封的工作环境又离不开辅助系统。为了改善密封的工作环境,对于单端面密封来说,需要对密封采用冷却、外冲洗等措施。该泵位考虑到过程流体本身特性,采用的是PLAN21 冲洗方案作为辅助冲洗方案(如图2所示),从而起到冲洗、降温等作用。

(3) 配置隐患说明

但随着对设备安全等级要求的提升,单端面波纹管密封的配置存在一定安全隐患。具体内容如下:

第一,采用单端面密封结构,密封介质出现泄漏时,介质会直接泄漏到大气中,缺乏安全保护。尤其是对于高温介质,虽有外冲洗、背冷系统起到冷却和隔离的作用,但是对于高温介质而言,一旦出现极限事故,高温介质就会大量的直接的流向大气侧。如果处理不及时则很容易引起着火事故,存在着很大的安全隐患。

第二,密封出现泄漏,只能靠巡检人员到现场巡检发现,辅助系统无报警提示,若出现大量泄漏,一旦处理不及时很容易形成安全隐患。

2.2 改造方案

2.2.1 密封结构的选择:

(1) 密封布置方式

布置方式1:每套集装式密封中有一对密封端面,即单端面密封^[2]。

布置方式2:每套集装式密封中有两对密封端面,且两对密封端面之间的压力低于密封腔压力,即双端面机械密封^[1]。

布置方式3:每套集装式找那个有两对密封端面,且隔离流体由外部引入到两对密封端面间,其压力高于密封腔压力,即双端面机械密封。

(2) 布置方式2与布置方式3的区别说明

一般情况下,布置方式2和布置方式3的区别在于两对密封端面压力与密封腔压力差值,低于密封腔压力为布置方式2,高于密封腔压力为布置方式3。此外,还可以通过过程流体的泄漏方向进行区分,布置方式2是过程流体向缓冲液侧泄漏,布置方式3是阻封流体向过程流体侧泄漏。

(3) 结构确定

结合密封厂家(丹东克隆)提供的密封资料、外型尺寸及推荐建议,同时防止该泵输送流体向外泄漏,经核对,决定采用布置方式3,具体结构如图3所示。

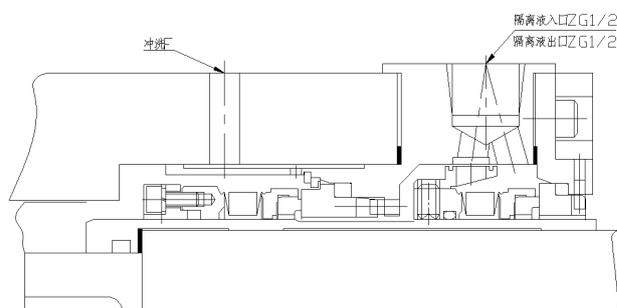


图3 改造升级后密封结构示意图

(3) 密封类型的选择

考虑到流体的温度，而波纹管密封在此温度下的密封性能优异。因此，密封类型采用双端面波纹管机械密封。

2.2.2 密封材料的选择

为了保证密封更好的稳定运行，在升级密封结构的同时，对密封材料也进行了升级，其中主要的密封部件材料选用如下。

(1) 摩擦副材料的选择

摩擦副材料的选用一般依据具体工况条件，结合材料自身的力学性能、化学兼容性、热力学性能、摩擦特性、加工性以及价格等综合因素来确定。一般来说，机械密封常用软硬配对来降低摩擦，将硬材质作为宽环、软材质作为窄环，组合使用。本设计中，适宜选用自润滑性好的材质。碳石墨具有优良的摩擦特性和良好的力学性能，弹性模量低，更容易在压力下弯曲或变形；其耐温范围广，恶劣环境也可应用，所以要选择不易起泡的浸锑石墨作为软环材质。碳化硅的硬度高，耐腐蚀性强、导热性高和对石墨的摩擦系数低。因此，选用最耐化学腐蚀的无压烧结碳化硅作为硬环材质。

(2) 辅助密封材料的选择

辅助密封的选材主要考虑对介质的耐温性和化学兼容性。经多方考虑，辅助密封材料选择全氟橡胶和柔性石墨材料。

(3) 弹性元件选择

由于本设计温度高，同时密封结构选用的是波纹管机械密封，所以本设计中的弹性元件为波纹管。对于波纹管的材料，综合考虑后选用 INCONEL718，波纹管波形一般波纹管采用 45° 波形大大降低了应力峰值，分解内孔焊疤应力，防止早期破坏。

(4) 其他关键金属件的选择

考虑到本次设计结构中采用的是镶嵌结构，为减少密封端面变形对密封长周期使用的影响。通过对比，同时考虑到过程流体的温度、腐蚀性等因素，选用定膨胀合金作为镶嵌环使用。

2.2.3 机械密封辅助系统配置的选择

(1) 冲洗方案的选择

机械密封辅助系统具有冲洗、改善端面润滑、调节温度、控制压力、除杂、防结焦等功能，合理的选择辅助系统配置可以为端面摩擦副和辅助密封创造良好的周围环境并保证其

在最佳的工作条件下运行，从而提升设备运行的可靠性。

通过了解 API682 中介绍的辅助冲洗方案原理，结合现场实际使用的冲洗方案，为了能够实现升级后设备安全可靠运行，决定采用图 4 所示的 PLAN21+PLAN53A 组合的辅助冲洗方案。

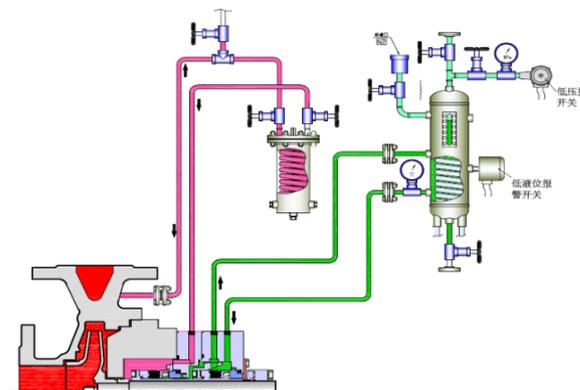


图 4 PLAN21+PLAN53A 示意图

(2) PLAN53A 方案介绍

Plan53A 工作原理：

第一，P53A 由双端面密封和密封之间的隔离液构成，本方案用于布置方式 3 的密封。隔离过程中，流体不允许出现输送介质泄漏到大气中的情况。适用于高温、脏污、腐蚀或易聚合性介质。

第二，在冲洗方案 53A 中，采用外部气体加压隔离液储罐为隔离流体密封腔提供洁净的隔离液。隔离液一般盛装在图 5 示意中的储罐中，储罐中的压力高于被密封介质压力 0.14~0.41MPa。

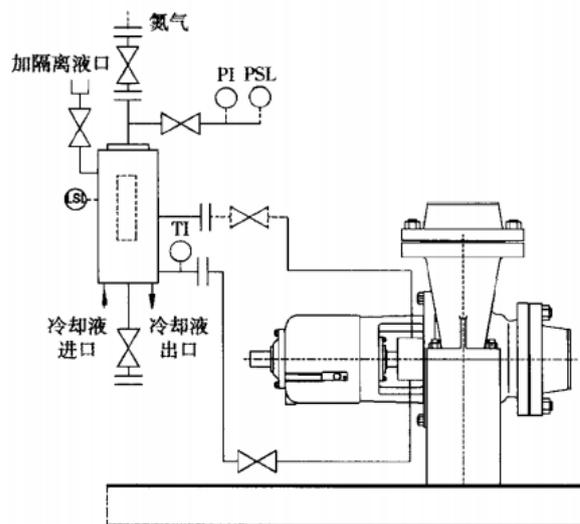


图 5 PLAN53A 冲洗方案示意

第三, PLAN53A 利用内循环装置(一般是指密封泵送环)将隔离液从储液罐中输出,之后在返回到储液罐中,为了最大限度地提高隔离液的循环效果,应通过合理选择管道规格、减少配件、使用大半径弯头和降低管道运行长度来使管路损失最小化。

第四,使用 PLAN53A 方案时,内部密封泄漏时,隔离液泄到被输送的介质中。如果被密封介质压力变化过大,可以通过应用可控压差调节器,以设定外部密封腔压力高于被密封介质压力 0.14~0.17MPa

2.2.4 封液的选择

通过查阅大量试验数据可知,封液中的添加剂、油品粘度等对运转中的密封摩擦副有很大的影响,尤其是对石墨材料。油的粘度越高,石墨越容易出现疤斑现象。通过对油品牌号的比较,决定采用 15 号工业白油作为此次改造的封液使用。

2.3 升级改造优势说明

2.3.1 提升了设备运行的安全等级

升级改造后的密封结构采用双端面机械密封,辅助冲洗方案采用 PLAN21+53A 具有以下优势。

第一,在这个升级方案中,内侧密封为主密封,密封结构采用旋转型波纹管,外侧密封为辅密封,起到保护的作用。外侧密封承受储罐封液的压力。外侧密封同样选用耐高温金属波纹密封,外侧密封采用 PLAN53A 方案,并用外接氮气加压至高于密封腔压力 0.14~0.41MPa。当主密封失效时,外侧密封可以在有限的时间内起到密封的作用,有足够的时间切换设备,保证工艺介质不会大量泄漏到大气中,从根本上避免高温热油外漏与氧气接触而引发火灾等灾难性事故,提升了设备运行安全等级。

第二,PLAN53A 系统配置了报警系统,可通过远传 DCS 信号(可接停机联动)接入主控室,形成电子监控,将原有的不确定、不可控、不安全,转化为可控安全。当内侧主密封失效时,储罐封液向内大量泄漏,导致液位开关低报

警,压力低报警,系统会发出报警信号,通知操作工密封失效,需要及时更换密封;若外侧安全密封意外失效,不仅大气会有大量白油泄漏,且储罐液位也会迅速下降,液位开关低报警,压力低报警,系统会发出报警信号,通知操作工密封失效,需要及时更换密封

第三,同时可通过人工巡检观测,及时发现储液罐液位的变化,判定介质侧密封的泄漏程度,及时进行密封失效分析,提升设备运行的可靠性

2.3.2 对机械密封进行升级

通过对机械密封升级,设备连续运行时间延长(如表 2 所示),减少了检修次数。

表 2 升级前后数据对比

项目	改造前	改造后
设备连续运行时间(h)	39432	77280
维修频次	12	1

3 结语

常减压装置 P2103 泵位在机械密封厂家(丹东克隆)的配合下,实现了预期效果,满足了集团公司关于设备可靠性升级改造的要求。

通过对该泵位的改造,每年为公司节省了 12074.52 元的维修费用,节约了维修成本,提高了设备的安全性能,产生了很好的经济效益

本次通过对该泵位机械密封及其辅助系统进行改造和技术升级,杜绝了火灾的发生和有害介质对环境的污染,提升现役泵安全等级,从本质上保证设备安全可靠运行,有很好的社会效益。

参考文献

- [1] 杨宝亮,王汝美.焊接金属波纹管机械密封的应用与存在的问题[J].石油化工设备技术,2002(05):64-66.
- [2] 顾永泉.机械密封实用技术[M].北京:机械工业出版社,2001.
- [3] 陈德才,崔德容.机械密封设计制造与使用[M].北京:机械工业出版社,1993.