石油化工设计
Petrochemical Design
2012,29(2) 34~36

新型双金属自密封波齿复合垫片的应用

吴树济[1]，杨树人[2]，黄 鑫[2]，钟海强[1]

（1. 广州市东山南方密封件有限公司，广东 广州 525000；
2. 中国石油化工股份有限公司金陵分公司，江苏 南京 210033）

摘要：工程建设中难免出现复杂情况，装置运行中难免出现压力和温度的波动，现有的垫片的密封性能已难以满足这些要求。近期由广州市东山南方密封件公司研制开发的专利产品－双金属自密封波齿复合垫片是一种具有“压力自密封”特性的新型垫片。介绍了该垫片在金陵公司的几个装置上的成功应用实例，表明该垫片为解决目前石化装置的泄漏难题提供了很好的方法。

关键词：密封 垫片 压力自密封 双金属自密封波齿复合垫片

随着石化装置的大型化和高参数，装置各种设备（包括管道系统）的通径尺寸、操作温度和压力也越来越（大）高，因而对垫片的性能要求也越来越高。中国石化股份有限公司金陵分公司近几年新建的个别大型装置由于法兰联接泄漏而影响装置的正常投产和生产。在役装置由于压力和温度的波动，设备经常出现泄漏，频繁更换垫片不仅增加设备维修成本而且影响装置的安全生产。2008年底，金陵公司新建的某大型装置开工投产。鉴于部分法兰密封泄漏影响装置正常开工，金陵公司使用了广州市东山南方密封件公司（以下简称广州东山）的双金属自密封波齿复合垫片（以下简称双金属自密封垫片），解决了泄漏问题，装置得以顺利投产。

双金属自密封垫片是广东山研制开发的最新专利产品。众所周知，现有垫片是按“强制密封”原理设计的，也就是说，这些垫片在使用时都是通过强有力的螺栓力将法兰拉紧，在垫片上形成足够的垫片应力来能达到密封的。一旦原有的垫片预紧应力降低，至一定程度时就会发生泄漏。而在实际的法兰联接中，垫片预紧应力降低的原因是多种多样的。但双金属自密封垫片是按“压力自密封”原理设计的。它的最大特点是利用被密封介质的压力来补偿和提高操作状态下的垫片应力，从而使垫片能始终保持其密封性。该复合垫片已获得国家专利授权{见文献[1]~[3]}。双金属自密封垫片是由两片金属叠合后，在其外圆周通过熔焊方法将两者融合在一起而形成整体结构的“压力自密封”金属骨架，金属骨架上下表面加工有特殊设计的波齿状沟槽，特殊结构骨架的外表面复合上适当厚度的柔性石墨材料，最终构成了双金属自密封垫片。该垫片内圆面的开口与介质接触，能随介质的波动实现密封补偿。其基本结构见图1。

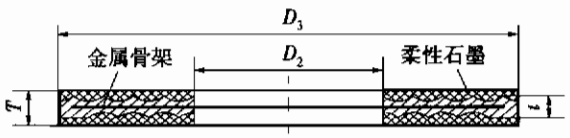


图1 双金属自密封波齿复合垫片结构

1 双金属自密封垫片的应用

1.1 600 kt/a PX新建装置

金陵公司新建的600kt/a PX装置于2008年11月投产试车。在试车中发现有5种规格的法兰联接点发生泄漏。这5种规格的法兰参数分别为R101出口管法兰（PN 10.0，DN 600，法兰面型式RF）、E101循环氢入口管法兰（PN10.0，DN 400法兰面型式RF）、E101冷料出口副线法兰（PN10.0，DN150，法兰面型式RF）、E101热料入口副线

收稿日期：2012－03－12。

作者简介：吴树济，男，1964年毕业于华南理工大学化工机械系，高级工程师，一直从事机械设备和密封技术研究工作，获得多项专利。联系电话：020－83226636；E－mail：wushuji－gz@163.com

法兰(PN11.0,DN600,法兰面型式MFM)、E101热料出口副线法兰(PN 11.0,DN500,法兰面型式MFM)。系统设计温度505 ℃,操作温度330 ℃,介质为氢气、轻烃等。

按设计要求,该装置曾3次更换缠绕式垫片以及波齿复合垫片等,但仍然无法密封,有时甚至连试水压都打不上。鉴于此,金陵公司决定试用广州东山的双金属自密封垫片,产品到达后及时安装,并进行水压试验,由2.0 MPa至20.0 MPa均一次打压成功。接着分别进行氮气和氢气气密性试验:氮气气密试验,从0.5 MPa、1.0 MPa直至1.5 MPa 3次试验,均能密封。接着再做氢气气密性检验,压力分别是0.5 MPa、1.0 MPa、2.0 MPa、3.0 MPa,4次气密试验都没有发现任何泄漏,垫片密封效果非常好,随即装置投料开车顺利投产。该垫片使用至今已超过2年,密封效果很好。

1.2　运行三部一工区Ⅲ焦化装置

金陵分公司运行三部一工区Ⅲ焦化装置的T3101AB顶部大油气管线第一道和第三道法兰(DN 600,PN5.0),管道内介质是油汽、瓦斯,此法兰处介质温度达到420 ℃,压力是0.23 MPa。在装置正常生产时,由于两座焦碳塔互相切换生产,因此T3101AB顶部大油气管线法兰处操作条件在24 h内由常温、常压骤升至温度达到420 ℃,压力为0.23 MPa的使用状况。在温度、压力波动使该处法兰连接更易出现泄漏、冒烟的情况。装置自2004年12月投用以来,此处法兰之间的密封泄漏就一直存在,即使采用碟形弹簧装置也无济于事。在这种情况下不得不每隔一个星期更换垫片,严重地影响生产。2009年8月,针对焦化塔(T3101A/B)顶部大油气管线法兰的密封问题提出了垫片升级的方案,将普通垫片更换成双金属自密封垫片,并于2009年10月到现场进行安装试用,密封效果非常好,连续使用3个多月没有出现任何泄漏情况。于2009年底又将焦化塔(T3101A/B)顶部大油气管线出来的第二道法兰的垫片也改成了双金属自密封垫片,同样取得很好的效果。

1.3　炼油运行一部Ⅲ套常减压装置

炼油运行一部Ⅲ套常减压装置(8.00 Mt/a)自2004年完成改造建设开车以来,该装置的一些重油、渣油系统的设备法兰一直都存在各种各样的密封难点。如初底油、渣油换热器E5-103/1-3(BES1200-4.0-6/25-21b;管程温度275~294 ℃,压力1.13 MPa;壳程温度384~295℃,压力2.45 MPa),其法兰之间的密封问题就很突出。当装置的操作压力、温度波动时就会出现泄漏、冒烟的情况,安全隐患非常大。2009年底,该换热器也用双金属自密封垫片代替原来的垫片,2010年初安装试用,效果非常好,至今已使用近2年了,这期间没有出现任何泄漏情况。

1.4　2号1.50 Mt/a加氢裂化装置

(1)柴油/原料油换热器E1014/DN1600(管程1.20/壳程0.9MPa,管程236/212 ℃壳程134/160 ℃);(2)循环油/第一分馏塔进料换热器E1015(LBEU1200-1.6-395-6/25-4,管程/壳程1.0/0.82 MPa,管程/壳程392/320 ℃);(3)脱丁烷塔底重沸器E1017(BIU1200-2.5/2.5-394-6/25-2);(4)航煤/脱丁烷塔进料换热器E1021(φ1100×8535×16,管程1.15 MPa,壳程1.60 MPa;管程208/120 ℃,壳程47.4/146 ℃);(5)分馏炉出入口管线法兰PN5.0DN150;介质实际温度380 ℃;压力0.7~1.0 MPa(塔底油管线垫片共30件)。

以上各设备及管线法兰自2005年装置开工以来经常发生泄漏,尤其是E1014和分馏炉出入口管线垫片,当操作稍微有波动(甚至是下雨天),温度一有变化就经常发生泄漏、甚至冒烟着火等现象,非常危险。由于油料温度很高(塔底油温度更是高达380 ℃),高温油品的泄漏会带给生产很大的安全隐患。2010年3月该装置检修时,金陵公司决定对以上4台换热器及分馏炉出入口管线上的法兰安装双金属自密封垫片。投用后密封效果很好,至今已有一年多时间,这期间曾有开停工和多次工艺操作波动,但均未发生任何泄漏。

至今为止,金陵公司已在新建某大型装置的5个规格管线法兰、8.00 Mt/a常减压装置2台换热器和5个规格管法兰、2011年大修的1号常减压装置6台换热器、焦化装置5台换热器及焦化塔大油气管线法兰、1.50 Mt/a加氢裂化装置4台换

热器和分馏炉出入口管线法兰、120 km^3/a 水煤浆制氢装置4台换热器安装使用了该专利垫片，成功解决了这些设备和管线法兰的密封难题。

2 双金属自密封垫片的性能及适用场合

根据新型双金属自密封垫片的工作原理、材料和结构特点以及实际试用效果，认为该专利产品性能特点有：

(1)优良的密封性。双金属自密封垫片表面采用的密封性能优异的柔性石墨作为复合层，因而其密封性能佳。特别是其特殊的波齿状结构骨架，其金属齿峰更起到多道金属线密封作用，而圆弧形沟槽上填充的柔性石墨材料不仅具有很好的密封贴合性而且能很好地补偿法兰表面的微观缺陷，因此垫片能像以往的柔性石墨金属波齿复合垫片一样具有金属线密封和柔性石墨密封的双重作用，使它在较低的垫片应力下即能达到极高的密封性{见文献[4]~[7]}。尤其是它的“压力自密封”作用使介质内压形成的附加应力是直接作用于密封表面的任何点上的，因此能使密封面上任何凹下部位的应力都能得到提高和补充，达到良好的密封。

(2)“压力自密封”结构使它能长期保持密封。由于双金属自密封垫片的骨架设计成“压力自密封”结构，在操作状态下压力介质会变成附加的垫片应力，它随介质压力的存在而存在，最高可以达到介质的压力值。其密封性能比现有的其他垫片更能得以长期保持。甚至在螺栓初始预紧应力接近消失的极端情况下，由于其“压力自密封”作用所形成的相当于介质压力的垫片应力的存在，垫片仍能保持一定密封性。

(3)安全可靠性高。双金属自密封垫片的骨架是整体金属的，结构牢固，安全可靠。因而它克服了缠绕式垫片在高应力时容易被“压溃”或“失稳”而损坏的缺陷。

(4)使用安装方便。双金属自密封垫片的整体刚性结构使它在运输和安装过程中不必担心像缠绕式垫片那样会“散架”，这对大直径管法兰和容器、换热器法兰尤其有利，而且其具有多种定位方式使其安装极为方便。

(5)适应性广。双金属自密封垫片具有广泛适应性，只要选用相应的金属骨架材料就能用于各种工作场合。它既可用于低温(至 -196 ℃)和高温(至 600 ℃)，也可以用于低压和高压(42.0 MPa)，亦可用于几乎所有腐蚀性流体的各种场合。而且特别适用于温度和压力波动的场合、大直径管法兰和容器(换热器)法兰、以及对密封性要求较高的重要场合。

参考文献：

[1] 吴树济，刘秀英. 复合垫片：中国，200720053323[P]. 2008-06-04.

[2] 吴树济，刘秀英. 自紧式波齿复合垫片：中国，201020594151[P]. 2011-05-18.

[3] 吴树济，刘秀英. 带隔条复合垫片：中国，201020594153[P]. 2011-08-03.

[4] 吴树济. 改进型金属-膨胀石墨复合垫片：中国，90215559[P]. 1991-06-19.

[5] 吴树济. 换热设备复合垫片：中国，92215173[P]. 1992-08-12.

[6] 吴树济. 波齿复合垫片及其在石化设备上的应用[C]//第六届石化设备密封学术讨论会论文. 北京：中国石油学会石油炼制委员会，中国石化设备管理协会，中国石化总公司重大设备国产化办公室. 1994.

[7] 吴树济，钟海强. 新一代法兰垫片-波齿复合垫片在石油化工设备上应用的新进展[C]// 第七届石化设备密封学术讨论会论文. 北京：中国石油学会石油炼制委员会、中国石化设备管理协会、中国石化总公司重大设备国产化办公室. 1996.

· 石化在线 ·

国内最大天然气国产化项目启动

2012年4月8日，中石油昆仑能源与湖北黄冈市签订合作协议，标志着国内最大的天然气国产化示范工程——湖北500万立方米/日天然气项目正式启动建设。据悉，这是我国首个天然气技术装备完全国产化项目，建成后年供气量约为20亿立方米，将与江苏如东进口液化天然气互补，可保障湖北调峰用气和下游终端市场的用气需求。据了解，该项目总投资36.85亿元，目前已完成气质分析及项目环境影响评价、安全预评价、水土保持方案编制、地质灾害危险性评价等。

<中国化工报> 2012-04-12