波齿复合垫片在石油化工装置上应用

广州市南方密封件厂　吴树济（厂长、高级工程师）

随着石油化工装置的大型化和高参数，要确保企业实现“安、稳、长、满、优”生产，关键是保持各类设备的正常运行。根据以往的调查，泄漏是现代工业生产过程中各类设备（包括各种容器、换热器、阀门）和管道最为常见的失效形式。据统计，在石化企业中，非计划维修工作量的60%~80%是由于泄漏造成的，其中很大部分是由于垫片密封性能不好而引起的。由此可见，垫片密封件的性能好坏对包括石油化工在内的现代工业生产的重要性已不容置疑。新建工程项目要求装置一次开车成功，而进入正常生产的装置也要不断延长生产周期，以便提高企业的经济效益。过去一年一检修的，现在要两年，三年甚至更长的周期才检修。为此，对设备的垫片性能和使用寿命必然提出更高的要求，于是由此亦推动了密封技术的发展。传统的密封材料和垫片的结构形式逐步为各种新型材料和结构的垫片所代替。

波齿复合垫片是九十年代以来才面世的新型法兰密封垫片，它是根据作者本人（广州市东山南方密封件有限公司厂长吴树济高级工程师）发明的专利技术而开发的一种结构独特，性能优异的新一代法兰垫片。这种垫片的主体结构是特殊设计的波齿状金属弹性骨架，其上复合一层适当厚度的膨胀石墨材料，最终构成整体结构的复合垫片。使用时通过法兰的压紧，其上复合的石墨材料被压入金属骨架上的环型沟槽，骨架上下表面的环型齿峰与法兰面惨紧密接触并在法兰的进一步压紧下产生弹性变形。与此同时，石墨被高度压缩和封闭在金属骨架与法兰面之间所形成的环型封闭空间里，由此形成了多道金属线密封和膨胀石墨密封的双重密封作用。因此，可以说波齿复合垫片综合了波形金属垫片的弹性，齿形垫片的金属线密封和新型膨胀石墨材料的优良性能，从而具有密封性能优异，弹性好，寿命长，安全可靠性高，使用安装方便，适应性广，经济性好等一系列特点而成为综合性能非常优异的新一代法兰垫片。

波齿复合垫片与过去其它材料和结构形式的垫片相比具有更突出的性能。石棉橡胶板垫片的性能无法承受高压而难以满足现代工业设备的要求，而铁包垫无论是密封性试验或实际使用效果均已证明其密封性能差亦无法满足高参数设备的要求。波齿复合垫片与过去的高参数场合较常使用的齿形垫和缠绕式垫片相比同样具有显著的优越性。齿形垫是过去高参数场合应用较多的垫片，它由整体金属构成，安全可靠性高，在螺栓拧紧时齿尖部分产生很高的应力，形成金属线密封，近些年来，还有在齿形垫表面贴上膨胀石墨材料，因此可获得较高的密封性，但齿形垫的最大缺点是没有什么弹性，在装置运行不稳定或其他原因使温度、压力变化的场合就会发生泄漏。波齿复合垫因采用了上、下齿形错开的弹性骨架结构，从而克服了一般齿形垫无弹性的缺陷。膨胀石墨填充的缠绕式垫片也是目前使用较为普遍的垫片，从理论上看，这种垫

广州市东山南方密封件公司

片密封性能好，有较好的回弹性能，能适应温度、压力的变化，适合于高参数场合下使用。但这种垫片由于结构和制造上的原因，其缺陷也很明显，以至被认为是“目前用和最多，但问题也出得最多”的垫片。问题最突出的就“散架”和“压溃”，尤其是大规格垫片更是如此。从现场调查看，不少用于抽换热设备和容器的缠绕式垫片经使用后拆开法兰时，发现垫片已被压“散架”或“压溃”。因此，泄漏往往就从这部位发生。

我厂从九十年代初开始将波齿复合垫片推向市场，几年来，在广大用户，特别是石油化工用户的大力支持和配合下，波齿复合垫片的推广应用获得迅速发展，与此同时，波齿复合垫片亦以其优异的性能为广大用户解决了不少过去使用其它垫片而不能解决的泄漏难题从而获得广大用户的高度好评。目前，波齿复合垫片在各石化装置的各种设备上获得了广泛应用，并取得很好效果。这些装置包括常减压，减粘，制氢，加氢（高压加氢），重整，催化，轻质、重质润滑油，丙烷沥青，制硫，烷基苯，芳烃抽提，焦化，气分，化肥，尿素等。波齿复合垫片实际应用的最高参数温度已达 600^{0}C，压力达 20.0Mpa，垫片直径达 2900mm。下面简单介绍波齿复合垫片在石化装置的具有代表性的工艺参数和介质系统中一些应用实例。

1、高温高压原油、重油、渣油系统销

炼油厂的常减压、减粘等装置的特点是介质多为高温高压原油、重油或渣油等，由于参数高，过去很容易发生泄漏。发原来广石化炼油厂蒸馏（二）的原油一减渣换热器（换 24/1.2.3）（管侧：闪底油 303^{0}C，2.2Mpa，管箱；渣油，370^{0}C，2.3Mpa 和原油一常中换热器（换 21/3.4）（重柴油 300^{0}C，0.92Mpa），这 5 台高温换热器，过去使用石墨缠绕垫或铁包垫时出现泄漏，经多次带压压紧仍然不能解决。在 92 年 4 月大修中改用我厂的波齿复合垫片后即一直保持密封不漏，特别是在使用后不久，该装置曾因其他装置出现事故而突然紧急停车及再紧急开车恢复生产的情况下，这 5 台换热器仍能保持非常良好的密封性，而其他未使用波齿复合垫的设备或多或少出现了泄漏。由于波齿复合垫成功地解决了该装置上最难密封的几台换热器的问题，因此该装置接着就在所有 90 多台换热器上改用了我厂的波齿复合垫片。又如原来茂名石化公司炼油厂（三）蒸馏装置的渣油和拔头油系统换热器及其管线法兰等高温高压一部位也是容易发生泄漏的地方，93 年 7 月大修时在渣油一次换热器等 15 台设备的高温高压部位安装了我厂的波齿复合垫片，投入使用后作了跟踪检查至 96 年 6 月已运行了三年，密封效是果很好，期间有几次渣油线逼压的情况下仍无一处泄漏，表明波齿复合垫片不但解决了这些部位长期泄漏的难题，而且能保证装置的长周期运行。

2、含易然、易爆、易漏氢气的系统

这主要是如制氢、加氢、重整等到装置，其特点是系统含易燃、易爆、易漏的氢气，特别是在

广州市东山南方密封件公司

温度、压较高的情况下，要保持密封较难。如原来广州石化总厂炼油厂的高压加氢气装置中的换热器（反应生成器和冷却器，温度 370^{0}C，压力 9.0Mpa，介质为含氢原料油和反应生成物等），由于温度和压力都很高，原设计采用齿形垫，在正常平稳操作下情况尚好，但在开停工或紧急停工的态下就会发生泄漏，92 年 7 月曾采用某厂推荐的高强石墨垫，开车后仍发生泄漏，只好用消防蒸汽驱散泄漏的含氢反应生成物等介质。93 年初装置大修时改用我厂的波齿复合垫片后，效果很好，直至下一大修期的一年多时间内，经多次开停车和运行参数波动，其密封性能一直很好。又如茂名石化炼油厂的制氢装置，有 4 种换热器的工况条件较为恶劣（粗氢/中变换热器 t=407^{0}C，P=1.8Mpa，介质为氢气、中变气。碱液重沸器，t=200^{0}C，P=1.4Mpa，介质为氢气。液态烃蒸发器 t=230^{0}C，P=1.0Mpa 介质为蒸气。锅炉给水加热器，t=399^{0}C,P=2.75-3.3Mpa,介质为底变气，75%H2，水），装置生产调整较频繁，温度，压力波动大，经常发生泄漏。曾用过包括缠绕式垫片和齿形垫等并多次热紧均无法解决。95 年 3 月因工艺调整，压力升高，采用缠绕式垫片因失稳损坏而发生泄漏，差一点引起大火事故。95 年 6 月改用我厂的波齿复合垫片后在往后装置动行近一年，期间经多次负荷升降及一次开停汽考验，不必热紧即能始终保持良好密封。还有如茂名石化公司炼油厂的二重整装置的预加氢反应器的进口法兰，（t=300^{0}C,P=1.8Mpa，介质含氢较多）过去采用带内外环的缠绕式垫片只要温度、压力一波动，即使经多次热紧仍然或少发生泄漏。96 年初改用我厂波齿复合垫片后无需预紧即达到前所未有的良好密封效果。

3、介质渗透性强容易泄漏的系统

这主要是如丙烷脱沥青，烷基苯等装置，其特点是介质渗透性较强，容易泄漏。如原来茂名石化公司炼油厂丙烷脱沥青装置的两种换热器共 12 台（t=96^{0}C,P=4.2Mpa，介质丙烷沥青油）一直是密封方面老大难问题，因丙烷等介质渗透性较强，易漏，而且一旦泄漏，无论怎样拧紧螺栓往往都无济于事。过去用铁包垫从开汽后就一直漏到装置停汽检修。96 年初全部改用我厂波齿复合垫后一次安装，不需热紧即达到良好密封状况。又如北京燕山石化公司化工三厂烷基装置的导热油系统换热器和进出口法兰，（t=400^{0}C,P=0.5Mpa）。由于导热油温度高，渗透性强，过去使用包括缠绕式垫片在内的其他垫片时，在开车后随着系统逐渐升温，各密封点就出现不同程度的泄漏，使设备长期“带病”工作。95 年 10 月装置大修时改用我厂波齿复合垫片，开车后跟踪观察，发现采用了波齿复合垫片的地方保持很好的密封状态而且无需热紧，解决了该装置长期存在的泄漏难题。

4、生产工艺参数调整波动大，急冷急热的系统

如轻质润滑油等装置，其特点是工艺温度调整波动大，急冷急热容易泄漏。如原来茂名石化公

广州市东山南方密封件公司

司南海高级润滑油公司轻质润滑油车间换 256，换 212 换热器[（t=80^{0}C,（波动 0~200^{0}C）P=4.0Mpa 介质丁酮，甲苯，润滑油混合液等），经常在短时间内（2~3 分钟）温度从 0~200^{0}C 变化，过去用铁包垫和进口石棉垫经常发生泄漏，不得不一次次带压热紧，但最多也只用一个多月即完全失效，然后停车更换垫片。一年大概因垫片泄漏而停车的有 10 多次，因而造成很大损失。96 年初改用我厂波齿复合垫片后再未发现有泄漏的地方，从而解决了车间的老大难问题，保证了装置的长周期正常生产。

5、工艺条件苛刻的高压系统

化肥行业中尿素合成塔的工艺条件苛刻，操作压力高达 20.0Mpa，温度达 190^{0}C，对密封垫片性能要求很高。广州氮肥集团公司的尿素合成塔大盖垫片（直径 600MM）原用金属齿形垫，使用效果一直不理想，经常发生泄漏，影响生产。96 年 3~9 月份，大盖垫泄漏 3 次，为此在 96 年 9 月份改用我厂的波齿复合垫片（金属骨架材料为 0Cl8Ni12Mo2Ti）一次安装成功，未发生过泄漏，且在动转过程中，曾经多次的升温及多次排空，都未曾有丝毫泄漏的迹象。

6、低温深冷系统

石化装置中空分装置的特点是介质为液化空气，低温深冷，不容易密封。如原来大庆石化总厂水气厂第二分装置的液氮储罐（容积 1000 平方米），储存介质为液体氮，温度-196^{0}C，压力 0.2Mpa，从 96 年安装投用以来，因多处法兰严重泄漏，使用不但尚未得到充分有效利用，且还存在安全隐患。过去曾使用过多种垫片，效果均不理想，不泄漏时间不超过 20 天，94 年 10 月在对储罐进行改时用不锈钢骨架的波齿复合垫片 30 多个，使泄漏率一下降到 0.6%，进一步压紧后泄漏率即降为 0，直至 97 年仍保持很好密封。

参考文献

1、 吴树济（广州市东山南方密封件有限公司）

《波齿复合垫片及其在石油化设备上的应用》

中国石油学会炼制委员会,中国石化设备管理协会,中国石总公司重大设务备国产化办公室主办《第六届石化设备密封学术讨论会论文(1994 年) 》

2、 吴树济、钟海强：（广州市东山南方密封件有限公司）

《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》

中国石油学会炼制委员会，中国石化设备管理协会，中国石化总公司重工业大设备国产化办公室主办《第七届石化设备密封学术讨论会论文（1996 年）》

3、 郭海东、李勇强：（广州石化总厂炼油厂）

《波齿复合垫片在加氢装置高温高压换热器上的应用》

《压力容器》1995 年第六期，

4、 陈大秋、程绍武：（茂名石化公司）

《波齿复合垫片在我厂的应用》

广州市东山南方密封件有限公司

《石油化工设备技术》96 年 5 月第 17 卷第 3 期。

5、 罗永坚：（茂名石化公司炼油厂）

《波齿复合垫片在制氢装置的试用》

《机动通讯》95 年 10 月第 2 期。

6、 陈大秋：（茂名石化公司炼油厂）

《金属石墨波齿复合垫片》

《机动通讯》95 年 10 月第 2 期。

7、 周炎清：（武汉石油化工厂）

《几种常用垫片的性能与比较》

《设备通讯》94~95 年

8、 李幼祥、崔亚平、白尚斌：（锦州石油化工公司）

《石化装置中换热器密封材料应用与对比》

《石油化化设备技术》98 年第 19 卷第 1 期。

9、 陈建雄：（广州氮肥企业集团有限公司）

《波齿复合垫片与尿素合成塔上的应用》

《大氮肥》98 年第 21 卷第 3 期。

10、永杰：（大庆石油化工总厂水气厂）

《波齿复合垫片及其应用》

《石油化工设备》98 年 27 卷第 1 期。

11、**《用户意见书汇编》**

广州市东山南方密封件有限公司内部资料。

12、**《新一代法兰联接密封件—波齿复合垫片》**

广州市东山南方密封件有限公司技术资料。

（2000 年）

广州市东山南方密封件公司