



橡胶密封件在石化试验装置上 应用新探索

王德新

(中石化石油化工科学研究院 北京 100083)

1 石化试验装置密封特点浅析

在石化、橡胶和机械制造等生产行业及科研试验领域,设备密封问题始终是装置设计和生产操作中的一个非常重要的环节,在一定程度上决定了装置设计的成败及生产能否顺利进行。

由于石化工业的特殊性,决定了它的生产加工过程往往要通过聚合反应和裂化裂解反应,这就意味着模拟工业生产的试验装置的操作条件多为高温、高压且介质多具有易燃、易爆性,从而规定了装置密封件的使用条件,使得装置的密封件设计及使用具有特殊重要性。在大型化工设备设计中采用的密封形式主要是垫片密封、填料密封、O形圈密封等,而在小型试验装置设计中主要采用锥螺纹密封、卡套密封、乳头密封、锥体线密封和橡胶 O 形圈密封等。上述各种密封形式都有自己的特点和使用条件,故在设计选型时要根据使用条件要求选择相应适合的密封结构形式,以达到最佳的密封效果,因为像操作压力、温度、介质特性及装置运转周期和密封件拆装频繁程度等使用环境中的诸多因素,对密封形式的实际密封效果会共同产生影响和制约。

2 橡胶密封圈在石化试验装置上应用探索

众所周知,用橡胶 O 形圈密封是目前国际上一种较为流行使用的密封形式,特别在中、小型装置上使用较多。它的密封机理是:利用较小的初

压力使橡胶密封圈产生形变,进而产生密封初压力,同时进入准工作状态。随着系统或装置内压力升高,O 形圈受力增大,受压变形量同时增加,从而在 O 形圈与相应密封件表面产生更强的密封压力。所以,橡胶 O 形圈所能提供的密封压力能够在相当大的范围内随装置内压力升高而提高,特别是在系统压力波动的密封场合,性能优势较为突出。由于 O 形圈密封的密封性能好,而且工作寿命长、结构紧凑、拆装方便、密封成本低并可多次使用,所以它能得以广泛应用。同时,由于进入工作状态所需初压力较低,所以使各密封元件间的刚性接触强度大为降低,从而使密封元件的破损率较低。一般橡胶 O 形圈的密封适用温度为-100~250℃,最高密封压力可达 100MPa。但该密封形式对于高温环境的适用性较差,同时,有些操作介质的物化性能对橡胶 O 形圈的物化性能产生一定的影响,使密封可靠性下降。

2.1 应用设想的提出

1998 年我院在进行催化剂抗老化新课题研究试验过程中,发现反应器的试验压力经常偏低和进、出物料不平衡现象。检测表明是催化剂装料口密封不好,有漏气现象。经了解,该反应器是一台两年前为其它试验而设计制造的,其设计压力是 16MPa,设计温度为 195~205℃,材质为 0Cr18Ni9,操作介质:氢气、催化剂。新课题试验的最高操作压力是 15MPa,最高操作温度为 190~200℃,操作介质:催化剂、氮气。操作周期为每次 72h。属于频繁拆装型反应器,而正是这种频繁拆装的操作系统,造成了反应器装料口密封面

作者简介:王德新(1963-),男,中石化石油化工科学研究院工程师,现从事化工设备设计工作。

受损,致使密封失效,造成气体外泄。

该反应器的装料口采用的是一种带导向头的圆锥线密封结构,如图 1 所示。以往的使用表明,它在高压、高温密封环境下的密封效果是不错的,是较成熟的密封形式。但该密封形式对于新的试验要求不适用,必须对密封结构重新设计。通过分析,决定保留原有密封结构的其它密封元件,只对密封压块进行再设计,采用在密封压块锥面上加装橡胶 O 形圈的密封结构,如图 2 所示。其密封机理是:通过件 1(密封压帽)旋转下移压迫件 2(密封压块)沿轴线向下产生位移,当件 2 达到一定位置时,橡胶 O 形圈将会在两锥面间被压紧到一定程度,同时进入密封状态。这一密封状态是通过两锥面间隙随件 2 向下位移量增加而逐渐变窄,橡胶 O 形圈在此过程中的受压变形量是通过逐步增大来实现的。

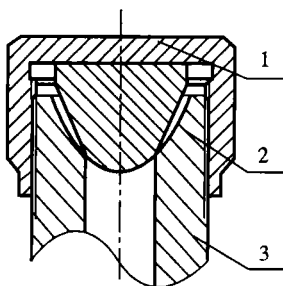


图 1

1—密封压帽;2—密封压块;3—反应器筒体

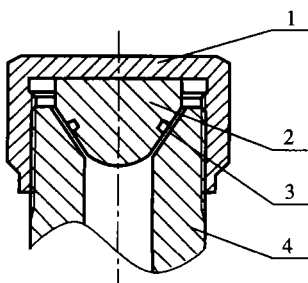


图 2

1—密封压帽;2—密封压块;
3—橡胶密封圈(O型圈);4—反应器筒体

应当说这是一种全新的设计构思,它的新颖之处在于将过去始终用于圆柱或平面上密封的橡胶 O 形圈置于锥面内。由于这是一种全新的探

索,所以很难找到相关的参考文献及密封效果的经验介绍,只能凭借以往的设计理论知识和设计经验进行分析、推理并作出自己的判断。通过对现有用于圆柱面橡胶 O 形圈和 O 形圈密封沟槽的相关国家标准的反复研究及受力分析,并对我院部分进口试验装置调查的基础上,初步确定了橡胶 O 形圈的截面直径 d_2 和密封沟槽的几何形状、相关尺寸及在锥面上的位置,如图 3 所示。该结构与以往国家标准中规定的液压气动系统橡胶 O 形圈密封沟槽的不同之处体现为:(1)没有采用高压状态下惯用的加装挡圈的结构,而是将橡胶 O 形圈外侧与密封沟槽内侧的间隙值取零,即使橡胶 O 形圈在非压紧状态与密封沟槽内侧相接触,同时对密封沟槽内表面间隙抛光处理,使其内表面粗糙度达到 $R_{1.6}$ 以上。(2)在密封沟槽内加工一个小斜面,利用它可以对变形后的橡胶 O 形圈产生一个指向密封接触面的推力。从而使橡胶 O 形圈可以尽早进入密封状态,提高密封可靠性。

2.2 具体设计方案

根据设计、使用经验,初定橡胶 O 形圈截面直径 $d_2=5.3\text{mm}$ (商品规格),在此前提下推算出橡胶 O 形圈中径:

$$\begin{aligned}\Phi_m &= 55 - 2 \times L \times \tan 30^\circ - 2 \times \frac{4.2 - 2.65}{\cos 30^\circ} \\ &= 55 - 2 \times 6 \times 0.577 - 2 \times \frac{1.55}{0.866} \\ &= 44.496\text{mm}\end{aligned}$$

并由此推出 O 形圈内径 $d_1 = \Phi_m - 5.3 = 44.496 - 5.3 = 39.2\text{mm}$,在实际选型时,依标准取 $d_1=40\text{mm}$,并根据相关标准按 20%取橡胶 O 形圈截面变形系数,故其变形量数值为: $5.3 \times 20\% = 1.06\text{mm}$. 并在考虑 O 形圈安装时所需适度预紧力的基础上,进一步确定密封压块上四边形密封沟槽几何形状和位置及橡胶 O 形圈中径 Φ_m 的尺寸放大系数为 1.5%。利用上述计算结果推算出橡胶 O 形圈放大后的中径 $\Phi_{m1} = 45.39\text{mm}$ 。考虑到橡胶 O 形圈中径扩大 1.5%后将会使其截面尺寸 d_2 减小,而该尺寸的变化会对此密封结构的密封效果产生直接影响,因此必须将该径向变形求出,并以此为依据确定密封沟槽的实际尺寸。基于橡胶 O 形圈为均匀拉伸,且变形前后的体积

不变,因此可将拉伸后的密封 O 形圈的截面直径 D2 求出。在此,设橡胶 O 形圈变形前的体积为 V1,其变形后的体积为 V2。利用公式计算:

$$V1=\pi^2\times(\frac{d2}{2})^2\times\Phi_m=V2=\pi^2\times(\frac{D2^2}{2})\times\Phi_{m1}$$

公式整理得:

$$D2 = d2 \sqrt{\frac{\Phi_m}{\Phi_{m1}}} = 5.3 \sqrt{\frac{44.5}{45.39}} = 5.248 \text{ mm}$$

以此为依据取密封沟槽宽度为 5.2mm,使其略小于 D2,取密封沟槽深为 4.2mm、小斜面宽为 2.5mm。据此计算出橡胶 O 形圈的实际形变余量 $\delta = D2 - 4.2 = 5.248 - 4.2 = 1.05\text{mm}$,这一数值与最初所取挤压变形系数 20% 的假设(相当 1.06mm)非常吻合,它表明密封结构的设计与橡胶 O 形圈密封机理是相符合的。同时密封沟槽宽度取值减小和密封沟槽中斜面的设计,将会有助于克服如加工精度、安装误差和 O 形圈形状偏差等缺陷。最终密封设计结果,见图 4。

据新密封设计,外购硅橡胶 O 形圈,规格为: 40×5.3(GB3452.1-82),重新加工了密封压块。并对反应器受损部位进行了修磨加工。组装后进行十余次模拟耐压试验,全部成功,并在正式使用的 3 年内没有出现任何密封问题。

3 结论

这一应用探索的成功表明:在非圆柱面和非

平面上使用橡胶 O 形圈同样可以获得良好的密封效果,橡胶 O 形圈的受压变形量的控制和密封沟槽的宽度取值是设计成败的关键。

参考文献：略

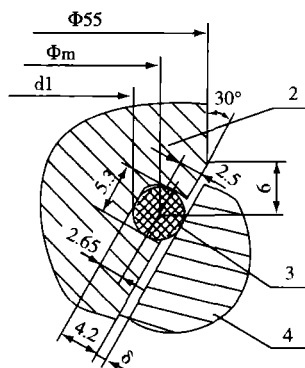


图 3

1—密封压块;2—橡胶密封圈(O型圈);
3—反应器筒体

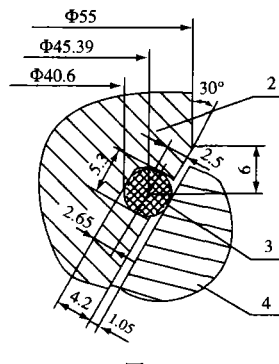


图 4

1—密封压块;2—橡胶密封圈(O型圈);3—反应器筒体

《国内外橡胶制品配方手册》优惠销售

为满足广大技术人员的需要,我站特举办《国内外橡胶制品配方手册》优惠销售活动,每套原价300元,现优惠价200元(含邮费)。欢迎广大业内人士踊跃订购!

银行汇款请汇至北京橡胶工业研究设计院科研部,开户行:北京工行翠微路支行永定路分理处,帐号:02000049090033009-53(配方手册)。

邮局汇款请汇至全国橡胶工业信息总站,详细地址:北京市海淀区阜石路甲 19 号 北京橡胶工业研究设计院内,邮编:100039。

联系人:杨 静

电话:(010)51338150

传真:(010)68164371

全国橡胶工业信息总站