

Gas Seal Leakage's Analysis and Improvement of 4M50 New Hydrogen Compressor

Zhong Feng, Yong Chen, Youzhao Wang, Zhuo Yu

Refinery of CNPC Dushanzi Petrochemical Branch Company, PetroChina Company Limited, Dushanzi
Email: lyc_fz@petrochina.com.cn

Received: Sep. 2nd, 2012; revised: Sep. 30th, 2012; accepted: Oct. 7th, 2012

Abstract: The type of C-1002 new hydrogen compressor of hydrocracking workshop's third grade gas seal has been leaked frequently since formally put into production, now we will analyse the third grade gas seal leakage failure of 4M50 new hydrogen compressor, improve the packing of gas seal by actual operation, and proposed the method of extend gas seal's using cycle.

Keywords: Compressor; The Third Grade Gas Seal; Leakage; Bracelet Spring; Spiral Tensile Spring

4M50 型新氢压缩机气封泄露原因分析及改进

冯 仲, 程 勇, 王有照, 喻 琢

中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司炼油厂, 独山子
Email: lyc_fz@petrochina.com.cn

收稿日期: 2012 年 9 月 2 日; 修回日期: 2012 年 9 月 30 日; 录用日期: 2012 年 10 月 7 日

摘 要: C-1002 新氢压缩机自开工以来三级气封频繁泄露, 在这对 4M50 型新氢压缩机三级气封泄漏故障原因进行分析, 并经实践分析对气封填料进行改进, 提出延长气封使用周期的方法。

关键词: 压缩机; 三级气封; 泄露; 镯簧; 螺旋拉伸弹簧

1. 引言

该厂加氢裂化新氢往复式压缩机(型号: 4M50-18/24-180-BX)是装置中重要的设备之一, 新氢压缩机在加氢裂化装置运行过程中, 三气封泄漏严重, 影响了压缩机的正常工作, 严重时大量泄漏的氢气聚集会发生闪爆等严重安全事故, 因此分析压缩机气封泄漏的原因及找到解决方法显得尤为重要。

通过对拆卸的气封填料进行分析测量, 对密封环与活塞拉杆的接触面积观察, 发现密封环与活塞拉杆接触面积不均匀, 这样密封环就起不到完全密封的作用, 通过改进密封环紧固元件解决了这一问题, 从而使气封频繁泄露的问题得到解决, 延长了压缩机的运行周期。

2. 气封泄漏的原因分析

2.1. 气封的作用及组成

气封是在活塞杆作往复运动时阻止气缸内高压气体沿活塞杆向外泄漏的组件, 是压缩机中主要的部件之一, 气封填料材质及结构不合理是填料频繁泄漏的主要原因。4M50 型新氢压缩机气封填料密封环由径向密封环、切向密封环、锁闭环组成^[1]。

2.2. 存在现状

该厂加氢裂化两台 4M50 新氢压缩机在投用之初频繁出现气封填料泄露情况, 通过拆除看窗对气封填料部位使用氢气检测仪进行测量发现已经超量程(氢

报仪测量量程为 0~1000 ppm)，泄露的氢气一部分通过放空排入火炬系统，一部分通过压缩机中体隔板气封、刮油环等沿活塞杆进入曲轴箱，还造成一起曲轴箱混合气闪爆事故，严重影响安全生产的正常进行，因此需对气封填料泄露情况进行分析并解决泄露现状，确保装置生产正常进行。

2.3. 气封填料拆检情况

2.3.1. 密封环与活塞杆接触面积不符合要求

检修时测得气封盒与气封元件轴向间隙在 0.18~0.34 mm 之间，径向间隙在 3~4 mm 之间；检查气封环表面无贯穿性划痕；用涂色法检查阻流环、密封环端面与气封盒端面接触面积达到了 80%；根据密封环与活塞杆的磨痕分布情况，发现密封环与活塞杆的接触面积小于环内圆工作面积的 60%，且分布不均匀(要求是接触面积应达到 70%以上，且分布均匀)。经分析认为气封元件与活塞杆的接触面积达不到规定要求，是气封泄露的最主要问题。

2.3.2. 截流环内圆上无磨痕

截流环安装在气封盒靠气缸一侧，截流环为三瓣结构使用钨形弹簧预紧如图 1，截流环主要起阻止气流通过的作用，它的内圆与活塞杆接触，且随着活塞杆对它的磨损可以靠外圆箍紧弹簧使其内圆自动贴合活塞杆，因此运行一段时间后截流环内圆上应该有明显的磨痕，但从现场拆检看截流环内圆上无明显磨痕，但通过测量截流环的三瓣之间存在开口间隙，说明在运行中截流环三瓣被撑开，并未与活塞杆完好贴合，起到截流作用。

2.3.3. 锁闭环出现错位

锁闭环与径向密封环、切向密封环组合形成一组气封填料，锁闭环主要起减小流量节流作用^[2]，它的内

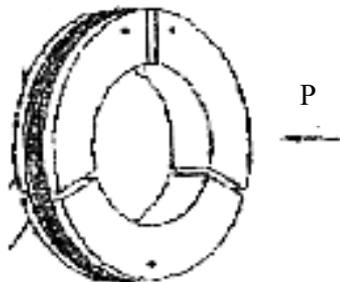


Figure 1. Gas seal closure ring
图 1. 气封截流环

圆直径一般比活塞杆外径大 0.10 mm 左右。拆检的锁闭环为三瓣结构，外圈用钨簧进行紧固，三瓣相邻接口错位，不能起到有效的节流作用，是导致气封填料泄露的原因之一。

2.4. 原因分析

2.4.1. 密封环与活塞杆接触面积不符合要求原因分析

加氢裂化 4M50 型新氢压缩机气封和压缩机配合上存在误差，原气封元件箍紧弹簧采用钨簧(如图 2)，钨簧材质为碳素弹簧钢丝，经低温回火表面氧化处理。钨簧的使用造成气封元件受力不均匀，和活塞杆接触面积达不到规定的要求，在自由状态下，气封元件形成间隙状态，具体分析如下：

如图 3 所示，钨簧在原始状态下开口间存在约 31 mm 的部位不受力，且钨簧开口处受力较大，其余部位受力减小，造成气封元件周围受力不均匀，导致气封元件内圈部位和活塞杆接触面不均匀，出现了间隙状态，在这种状态下的气封装配后，间隙就成了气体泄露的通路，即使在磨合一段时间以后，由于钨簧对

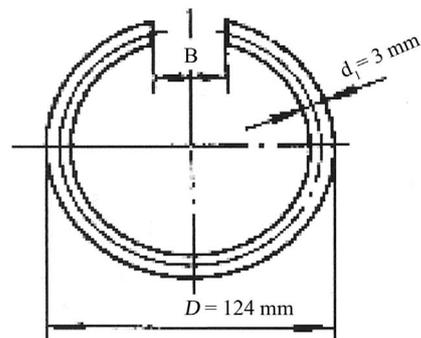


Figure 2. Gas seal element spring hoop bracelet
图 2. 气封元件箍紧钨簧

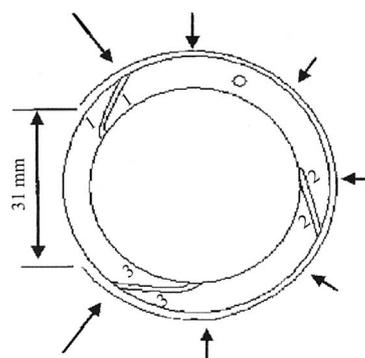


Figure 3. Gas sealing element in the bracelet spring confined stress diagram
图 3. 气封元件在钨簧箍紧下受力示意图

密封环外圈的受力不均匀,无法进一步提高与活塞拉杆的贴合程度,既没有办法减少气体的泄露量,导致气封填料长期泄漏。

2.4.2. 截流环内径无磨痕原因分析

在运行过程中,当活塞向缸头运行过程,气缸为膨胀过程,此时气封侧的压力小于大气压力,残留在气封里的介质气将高速向汽缸回流,在这种回流气体的冲击下,本身就不均匀的镗簧极易被回流气体撑开,与活塞不能良好贴合,这种现象随着活塞的往复运动,重复出现,从而造成截流环失效,这也是造成压缩机气封泄露的原因之一。

2.4.3. 锁闭环三瓣错位原因分析

锁闭环的内径比活塞拉杆的外径稍大,理论上是不需要预紧力,但拆检的锁闭环为三瓣式且用镗簧进行箍紧,这样在压缩机在运行过程中,三瓣锁闭环在活塞拉杆的抖动和气流的冲击下容易造成的错位现象,从而造成压缩机气封填料泄露。

3. 解决方法

3.1. 预紧元件的改造

为了解决这个问题,经商讨我们决定将箍紧弹簧由镗簧改为螺旋拉伸弹簧,解决气封元件外圈受力不均问题。

根据出厂数据,镗簧在自由状态下外形尺寸为 $\phi 124 \times \phi 3$ mm;镗簧在工作状态下弹性变量为 31 mm;镗簧弹簧的工作拉力 $P \leq 0.35$ kg。我们考虑到抗疲劳性和成本问题,选用了比较普及的碳素钢弹簧丝的螺旋拉伸弹簧,直径为 $\phi 3.5$ mm,弹簧丝径为 $\phi 1.5$ mm。

通过公式^[3]:

$$P = ph/H$$

其中: P ——工作拉力; p ——每圈伸长 f 时,弹簧的力(查表为 2.3 kg); H ——弹簧总伸长量(mm); h ——工作状态下弹簧总伸长量(经量取气封组件外径为 420.76 mm)。计算出弹簧总伸长量 $H = 2765$ mm,再通过公式:

$$H = f \cdot N$$

其中 N ——工作圈数; f ——每圈允许的伸长量(查表可得为 10.82 mm)。可以计算出工作圈数 $N = 256$ 圈。通过公式:

$$N = (L - 2D)/t$$

其中: L ——未拉伸时弹簧的长度; D ——弹簧的外径; t ——弹簧的节距($t =$ 弹簧丝直径)。我们计算出弹射未拉伸时,长度 $L = 391$ mm。

通过上述计算,我们联系生产厂家做出材质为碳素钢弹簧丝,其丝径为 $\phi 1.5$ 毫米,长度为 391 毫米,圈数为 256 圈,直径为 $\phi 3.5$ 毫米并经发蓝处理的螺旋拉伸弹簧如图 4。

换用螺旋拉伸弹簧后,由于弹簧没有开口,复合工作拉力为 0.349 kg,符合气封厂家要求,对气封元件的预紧力均匀,气封组件配合良好,在自由状态下没有间隙,经运行 6 个月对气封部件进行小修检查,发现每组气封元件和活塞杆接触面积均达到 80% 以上,符合要求。

3.2. 截流环结构改进

对截流环的预紧弹簧进行更换,由镗簧更换为螺旋拉伸弹簧,并对截流环的结构进行改造,在截流环端面开回流槽,槽宽为 5 mm,槽深为 4 mm,截面形状为三角形。经过改造的截流环预紧力均匀,且给回流的介质留了回流通道,这样在回流气的冲击下,截流环承受的载荷大大减小,不会被撑开,起到了节流作用,如图 5。

3.3. 锁闭环结构改进

锁闭环的内径比活塞拉杆的外径大 0.10 mm,活塞杆为标准件,外径为 $\phi 100$ mm,锁闭环和活塞杆间

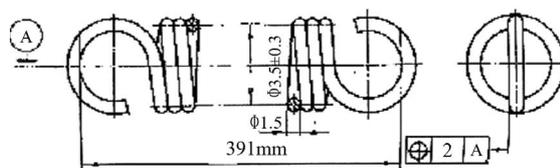


Figure 4. Helical tension spring
图 4. 螺旋拉伸弹簧

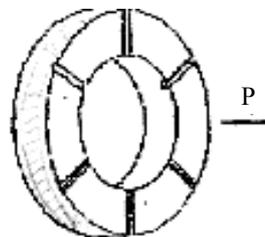


Figure 5. After the transformation of the closure ring
图 5. 改造后的截流环

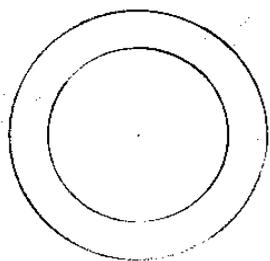


Figure 6. Integral lock loop
图 6. 整体式的锁闭环

有间隙，因此不需要预紧力，所以我们取消了箍紧弹簧，并将三瓣结构改为整环结构，见图 6。同样的尺寸不同的结构，整体式结构的锁闭环可以克服前期使用的三瓣式锁闭环在压缩机运行过程中，在活塞拉杆的抖动和气流的冲击下，造成的错位现象，起到了阻流的作用。

4. 结束语

对 4M50 型新氢压缩机气封元件改造后，压缩机气封泄漏量明显降低，通过拆开压缩机看窗使用氢气检测仪测量，现场氢气浓度小于 30 ppm(氢气检测仪大于 50 ppm 开始报警)，符合要求，确保了压缩机的平稳运行，降低了检修频次，减少了对环境的污染，有效地避免了安全事故的发生，创造了一定的经济效益。

参考文献 (References)

- [1] 任晓善. 化工机械维修手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 徐涛, 张利群. 化工检修钳工[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
- [3] 王铎, 赵经文. 理论力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.