

PDH装置碱洗塔循环碱液（浓度10%）、RED再生洗油（C9-C11芳烃）与喷油螺杆产氢压缩机46#（4506）润滑油在生产过程中出现一系列问题的研究分析讨论

范龙飞 任 金

山东滨华新材料有限公司 山东 滨州 256600

摘 要：丙烷脱氢制丙烯工艺因其原料单一，生产流程简短，成本低，市场独立性高、高收益以及高产品收率等优势，成为了一种具有竞争力的丙烯生产方法。国内大部分丙烷脱氢工艺都采用洗油（高沸点重芳烃溶剂C9-C11芳烃）冷却反应产物的工艺，产氢压缩机大部分采用往复压缩机，因洗油会随着RED再生通过碱洗塔随着碱液一块带入往复压缩机，洗油在高温下容易结焦，导致产氢压缩机（往复机）三个月清理一次，2020年以后新上的丙烷脱氢装置大部分采用喷油螺杆压缩机，喷油螺杆压缩机能将携带的洗油，在气液分离罐里面实现分离，不会对压缩机本体产生损伤，也不需要定期清理。但喷油螺杆压缩机运行一段时间后，也存在本体油双联过滤器堵塞，油冷凝器堵塞，润滑油酸值升高，润滑油总硫变高等情况，本论文从实验、正常生产和工艺调整角度，分析了堵塞物质是如何产生的，如何降低这些黑色物质生成量，如何降低润滑油的酸值，如何降低润滑油的总硫，通过工艺指标优化，修改控制温度，减少了黑色物质产生的量，采取了一系列措施减少润滑油的总硫含量，降低润滑油酸值同时保证装置长周期稳定运行。

关键词：丙烷脱氢装置；喷油螺杆压缩机；堵塞；工艺指标优化；黑色物质；润滑油酸值；总硫

随着我国科学技术和社会经济迅速发展，各行各业对聚丙烯等衍生物的需求日益增加，市场对丙烯的需求量呈现出逐渐增长趋势。丙烷催化脱氢制丙烯工艺和以往生产丙烯工艺相比较，呈现出较高丙烯产率、低成本等优点，这几年发展非常迅猛，丙烷脱氢装置中，喷油螺杆压缩机的使用，可以将碱洗塔内夹杂的洗油在气液分离罐中分离出来，避免了往复压缩机结焦，经常清理的弊端，延长了设备使用寿命，但实际生产中也带来一些运行问题。

1 PDH 装置运行中喷油螺杆压缩机在使用中存在的问题

目前我们丙烷脱氢装置采用的是喷油螺杆压缩机，可以有效的脱除将RED再生时部分轻质洗油随着干气进入碱洗塔，然后又通过碱洗塔进入喷油螺杆压缩机进入本体油中，通过气液分离罐将碱液送到废碱脱气罐，将油类物质送到重烃脱气罐，实现分离。它可以有效的解决洗油进入压缩机后的结焦问题，但是在运行过程中，本体油双联过滤器（精度10微米）经常堵塞，在清理过滤器杂质时，有很多红褐色杂质，严重影响产氢压缩机的长周期稳定运行，同时喷油螺杆压缩机运行一段时间后，润滑油酸值变高，造成轴温升高，严重影响压缩机长后期稳定运行^[1]。

2 通过实验室实验和现场实际运行分析讨论

当我们清理产氢压缩机本体润滑油冷却器和本体双联过滤器时，换热器壳体内、过滤器滤网内都有很多黑色、红褐色杂质。黑色、红褐色物质是如何产生的，如何有效减少这些物质的生成是摆在我们面前的课题，我们通过实验室实验，第一个实验用新鲜碱液（碱液浓度10%）200毫升与新鲜46号润滑油（型号4506）200毫升在烧杯内混合，用红外磁力加热搅拌器，加热到115摄氏度（润滑油温度），加热10分钟，有大量黑色、红褐色沉淀产生，冷凝后黑色物质更多。同时我们也发现，新鲜碱液和新鲜46号润滑油（型号4506）在102摄氏度开始反应（这个数据为以后调节产氢压缩机出口温度提供了数据支持）。第二个实验我们将10%新鲜碱液用蒸馏水稀释到3%与新鲜46号润滑油（型号4506）各取200毫升，用水浴锅加热，水浴锅设定温度为80℃，反应时间为40分钟，此混合物料不发生反应也没有黑褐色沉淀产生，然后将水浴锅温度设定为90℃，反应时间为40分钟，观察也不发生反应，无黑色和红褐色沉淀生成，再将水浴锅温度设定改为100℃，反应时间为40分钟，然后观察，也不发生反应，也无黑色及红褐色沉淀产生。然后将此混合物放置10天后观察，也没有沉淀产生，由此可以得出结论，新鲜碱液和新鲜46号润滑油（型号4506）反生

反应的温度应该在100-102℃之间，同时我们有做了第三个实验，用循环碱液（8%硫化钠+2%氢氧化钠，滤纸过滤后参与实验，因为新鲜碱液会随着不断吸收硫化氢，氢氧化钠浓度降低，硫化钠浓度提高）与新鲜46号润滑油（型号4506）各取200毫升，在烧杯内混合，用水浴锅加热到100℃，观察40分钟，没有发生反应，也没有红褐色沉淀产生，然后放置5天后，也没有观察也没有明显变化，没有红褐色沉淀产生^[2]。同时我们联系压缩机供应商，让他们提供了润滑油，当用原厂供的润滑油和10%新鲜碱液在红外磁力加热搅拌器加热到102℃时，产生了红褐色沉淀，证明原厂压缩机提供的润滑油也存在以上问题，在做实验过程中，我们也无意中发现一个问题，当温度高时，润滑油的颜色是比较明亮的，但温度降低后，颜色有一点浑浊，温差变化也有利于黑色物质产生。

3 如何减少这些红褐色物质产生内，我们根据实验采取的工艺措施

根据实验结论，碱液与润滑油只要温度超过102℃就会有大量红褐色、黑色物质产生，我们以前产氢压缩机出口温度一般都控制在112-115℃之间，为了避免高温下黑色物质产生，我们和压缩机供应商技术人员交流，同时根据生产运行实际情况，将温度逐步降到99-102℃，这样既能满足除水的要求，又能保证碱液不会和润滑油发生反应，不会堵塞过滤器，这样我们丙烷脱氢装置实际运行一段时间后，效果非常明显，双联过滤器滤芯从最初1天清理一次，到现在基本不用清理，同时根据实验观察，润滑油与碱液在温度变化时，也会有反应沉淀生成，这样我们将进油冷器三通阀维持85%开度不变，通过喷油量控制压缩机温度，也大大减少了红褐色、黑色沉淀的产生。同时这些工艺操作又不会影响到润滑油内水的含量，通过化验产氢压缩机润滑油含量，也在合格范围之内。

4 采取以上措施后，还有哪些原因会造成双联过滤器堵塞呢，我们又采取了一系列措施。

经过以上试验和现实操作，通过控制压缩机出口温度，大大降低了双联过滤器堵塞的频率，但双联过滤器经过一个月的运行，压差仍然能涨到0.2MPa，需要切换清理，原因是PDH装置的洗油工艺，洗油能吸收反应中的稠环芳烃，这部分稠环芳烃进入喷油螺杆压缩机中，轻的部分不会对压缩机造成伤害，但重组分（稠环芳烃）因为太重，首先会造成油冷器堵塞，进而也造成双联过滤器堵塞，根据这一问题，我们选择了轻质洗油（初馏点180-200℃，终馏点205-250℃），从而降低了洗油粘度，同时我们降低反应产物压缩机出口温度，降低

了洗油夹带量（研究表明，反应产物压缩机出口温度降低5℃，洗油夹带量将大幅降低），同时降低碱洗塔操作温度（碱液加热器不投用），碱洗塔正常运行温度降低到20℃，如果碱洗塔温度提高到30℃，双联过滤器压差会迅速上升堵塞，严重影响产氢压缩机正常运行。增加碱洗塔撇油线，将碱洗塔内洗油通过临时管线排到地下污油罐，保证碱洗塔内碱液是干净的，不带洗油^[3]。将REC出口分液罐、RED再生分液罐、碱洗塔内丝网除沫器改为叶片分离器，降低了洗油夹带量，解决洗油夹带问题，从根部上解决洗油堵塞产氢压缩机双联过滤器的影响，保证压缩机长周期稳定运行。

5 后续问题，产氢压缩机润滑油酸值变高及解决措施

产氢压缩机运行一段时间后，虽然双联过滤器堵塞情况变缓，同时有出现了一个很棘手的问题，本体润滑油酸值变高，润滑油指标要求酸值 < 0.5mgKOH/g，润滑油运行一段时间后酸值逐步增加，最高到了5mgKOH/g，酸值超标10倍，压缩机轴温也逐步上升，严重影响到喷油螺杆压缩机的正常运行，为解决此问题，我们反复试验，对比各种数据，包括润滑油的运动粘度、水分、闪点、总硫指标。发现润滑油酸值的升高与总硫直接相关，总硫高了，酸值就跟着变高，那么可以确定只要能控制住润滑油中的总硫，就能控制润滑油的酸值，硫化物主要来自哪里呢，首先硫是PDH装置反应器副反应产物，主要是噻吩、二甲基硫等有机硫，这些有机硫被RED吸附，当RED再生时，RED吸附的这些有机硫，就会随着干气进入碱洗塔，然后进入喷油螺杆压缩机内，同时我们也发现碱洗塔上部一直有一层20厘米左右的洗油层，这部分含硫高的洗油层也会进入喷油螺杆压缩机中，我们采用定期排放洗油的措施，保持洗油层一直维持的量很少，同时加大洗油排量来降低总硫的含量，同时稳定住了润滑油的酸值，经过一段时间的运行，我们发现随着总硫的降低，酸值也在慢慢降低，保证了压缩机装置长周期稳定运行^[4]。

附润滑油酸值与总硫含量对比表：

化验日期	润滑油酸值 (mgKOH/g)	润滑油总硫 (mg/Kg)	备注
2024.8.23	2.23	121.6	
2024.8.28	2.45	134.8	
2024.9.2	2.66	145.8	
2024.9.10	3.25	171.2	
2024.9.15	3.59	191.6	
2024.9.20	3.87	199.4	
2024.9.25	4.02	224.5	

续表：

化验日期	润滑油酸值 (mgKOH/g)	润滑油总硫 (mg/Kg)	备注
2024.9.30	4.22	234.7	
2024.10.3	4.56	242.5	
2024.10.7	4.89	256.7	
2024.10.10	5.02	278.9	采取降低总硫的措施后
2024.10.15	4.98	270.3	
2024.10.20	4.76	265.3	
2024.10.25	4.55	252.1	
2024.10.30	4.27	239.1	

结束语：丙烷脱氢制丙烯是一种重要的工业化学反应，因其具有反应温度低、能耗低、生产灵活等优点，该工艺将越来越多地应用到工业生产中，并得到工

艺技术的不断改进和升级，随着工艺流程不断被改进，发掘，此工艺将会得到更大的提升。同时在实践中我们也发现很多问题，我们也会积极动脑筋，想办法，不断开拓创新，发现问题积极改进，不断优化操作数据，保证装置长周期稳定运行。

参考文献

[1]俞云松.乙烯装置急冷油泵轴断裂原因分析[J].炼油与化工,2020,27(04):145-146.

[2]李明,王刚. 喷油螺杆压缩机性能评价方法研究[J].压缩机技术, 2020, 6(3): 1-5.

[3]张华,赵丽. 喷油螺杆压缩机选型关键技术研究[J].流体机械, 2021, 49(4): 42-46.

[4]李晴.基于精益生产离散型制造企业现场改善[J].价值工程,2020,39(20):248-249.