

重整循环氢压缩机振动高的原因分析及处理

徐杰，赵旭，郭圣召

(中国石油化工股份有限公司大港石化分公司，天津300280)

摘要：大港石化60万吨/年连续重整装置于2014年10月开车，在2017年7月检修时发现循氢机叶轮和隔板上均附着有铵盐。检修后装置加工负荷大幅提高，重整反应苛刻度提高，循氢机驱动端振动持续增长，影响机组和装置长周期稳定运行。分析振动原因后采取不停机注蒸汽吹扫的方法，将振动降至正常水平，相较于机组拆修处理具有明显的效率优势。

0引言

循环氢压缩机是连续重整装置的关键设备，主要作用是维持重整反应所需的循环氢流量，确保重整反应正常进行。机组布置为双层，主机布置在压缩机厂房二层，油站、凝汽器等辅机位于一层。压缩机型号为BCL707，属垂直剖分7级离心压缩机，由沈阳鼓风机有限公司设计制造。压缩机轴端密封为约翰克兰科技(天津)有限公司设计的串联式干气密封。汽轮机型号为NK32/37/16，属多级反动中压蒸汽凝汽式，由杭州汽轮机股份有限公司设计制造。

1问题

重整装置于2014年10月开车，2017年7月进行了第一次停工检修，第一个周期内循氢机运行平稳，驱动端振动未出现明显增长。2017年检修开工后连续重整循环氢压缩机驱动端径向振动测点VISA22523、VISA22524振动值较高且持续缓慢上涨。2018年开始根据公司生产计划重整装置长期保持在105%~110%的超高加工负荷下运行，循氢机驱动端振动上涨趋势明显加快。尤其是在遇到装置波动、加工负荷大幅调整、外界气温剧烈变化、转速升高时，振动测点VISA2523表现出大幅波动。其中，2019年6月27日振动测点VISA2523波动幅度最高达到12 μm，2019年7月4日VISA2523测点振动超过报警值达到64.2 μm(报警值63.5 μm，联锁值88.9 μm)。循氢机运行不稳严重制约了重整装置长周期高负荷运行。

2原因分析

引起机组振动加大的因素很多，如转子不平衡、转子不对中、轴瓦间隙不符合标准、油膜振荡和油膜涡动、喘振等。驱动端VISA2523及VISA2524测振点频谱显示1倍频幅值最大(图1)，并且本次波动中1倍频振动幅值增大明显，其他倍频无明显变化，自2019年5月起轴心轨迹出现反进动现象。

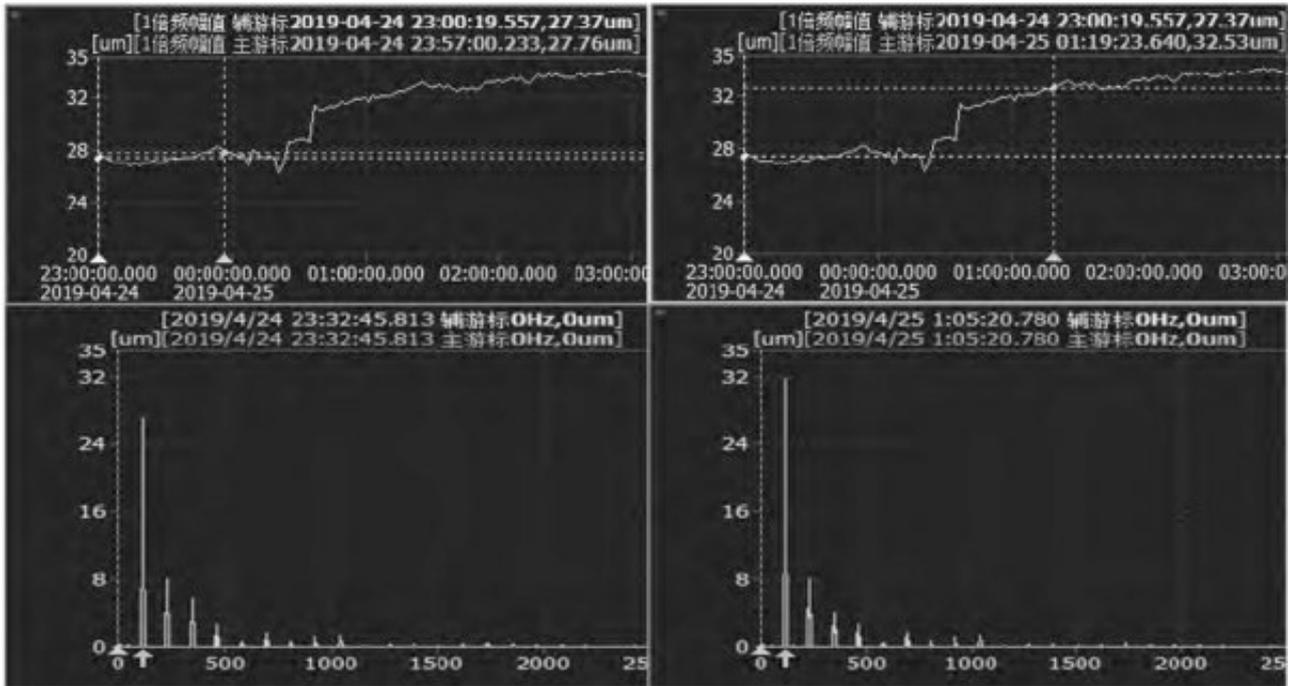


图 1 驱动端 VISA2523 及 VISA2524 测振点频谱

2017年该机组大修时发现转子表面及隔板流道有大量结盐的情况（图2），转子结盐部位主要集中在前4级叶轮和隔板，结盐成分经过化验为氯化铵，其中还含有少量金属和硫。

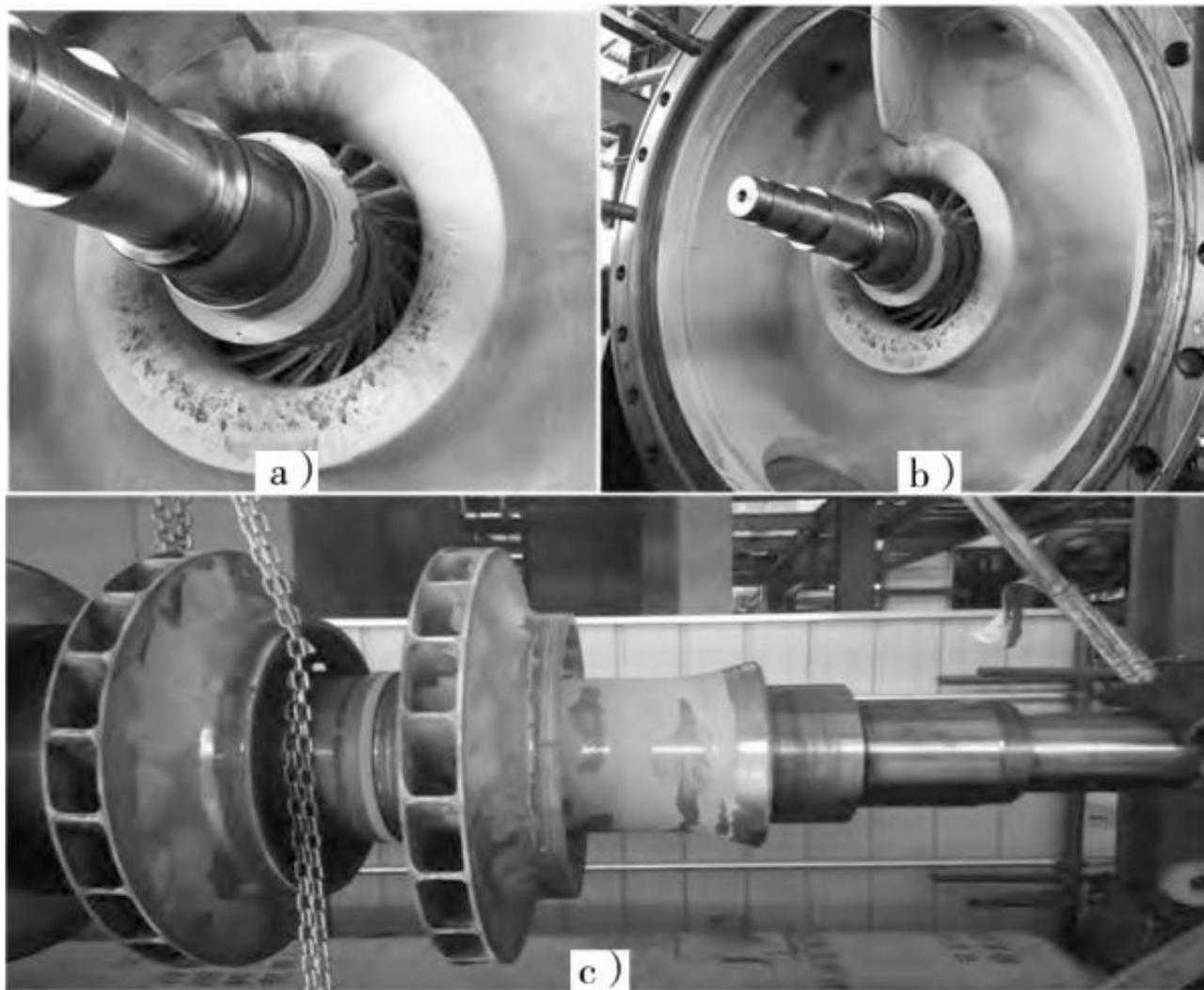


图 2 2017 年机组检修时叶轮结盐情况

根据以上分析，可以判断重整反应条件下生成的铵盐或胶状物随循环氢进入机体，主要附着在过流部件导致转子不平衡，压缩机振动持续增长，具体原因为：

(1) 连续重整为

维持催化剂活性需要持续补入全氯乙烯

，导致循环氢中HCl含量基本在 $3 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$

。另外，连续重整对进料中氮含量的要求是小于 0.5×10^{-6}

，在重整反应条件下，氮化物将转化成 NH_3 ，继而与系统中的HCl生成 NH_4

Cl，随循环氢和重整产物汽油进入下游系统。反应分馏系统的铵盐多出现在板换冷端进料侧、循氢机转子轴承和干气密封过滤器、增压机气缸和气阀、脱戊烷塔顶等。

(2) 由于装置加工负荷较高，夏季生产时重整产物空冷器冷却负荷不足，产物分离罐气液相分离效果不佳，导致循环氢携带大量液态轻烃（尤其是不饱和烯烃）进入机体。在一定温度和压力下由于HCl的催化作用发生聚合反应生成大分子胶状物，随着循环氢流动进入机体沉积。

3处理措施

3.1注汽注水吹扫

针对铵盐易溶于水和胶状物质在高温下易软化流动的特点，车间制定了循氢机注蒸汽注水吹扫的方案。吹扫介质采

用蒸汽和除盐水，蒸汽来源为1.0MPa低压蒸汽，除盐水来源为汽轮机凝汽器凝结水。1.0MPa低压蒸汽现场温度约210℃。除盐水压力0.8MPa，温度37℃。注入点为压缩机入口管线DN40氮气吹扫口。排放点为出口单向阀后DN25大气放空口、出口分液包DN40排凝口、机体DN20排凝口共计3处（图3）。

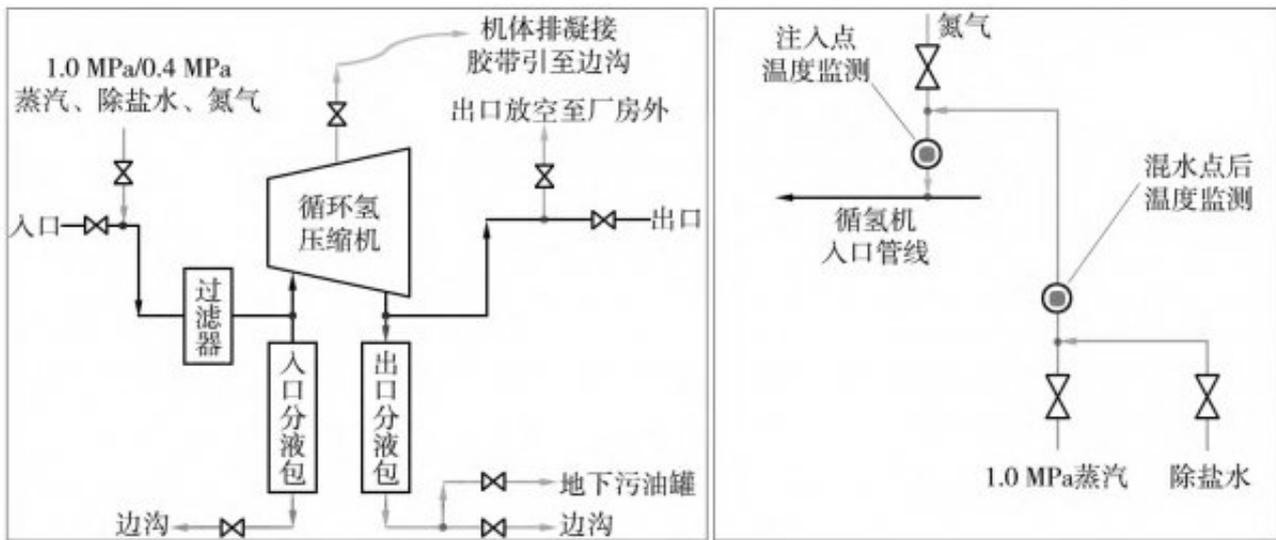


图3 循氢机注汽吹扫流程

为避免循环氢压缩机密封橡胶圈因受热不均或高温产生弯曲变形，需严格控制蒸汽混水点后温度 150℃，注入点温度 120℃，排凝点温度最开始约61℃，之后升高到116℃。吹扫过程中安排专人现场持续监测以上各点温度，对各排气口进行氢气泄漏监测，注意压缩机出口压力、机体平衡管压力、机组干气密封系统各参数。本次吹扫过程中各项参数基本稳定，压缩机出口压力保持在0.19~0.22MPa，始终低于反应系统压力。

吹扫开始时，在压缩机出口分液包排凝阀处发现有胶状物堵塞，通过蒸汽加热后胶状物软化后流出，在此排凝口和机体排凝口排出大量污水及胶状物（图4）。吹扫直到排凝口污水较为清澈、没有胶状物后结束，用时1.5h。



a) 胶状物

b) 污水

图4 胶状物和排凝口污水

3.2.2 化验分析

吹扫排污水化验结果见表1，可以看出，排污水中含有大量的氨氮和氯离子，结合第一周期检修时循氢机转子的结盐情况，可以判断这一周期由于重整加工负荷较高，循氢机转子结盐情况更加严重，导致驱动端振动持续增长。

表 1 吹扫排污水化验结果

检验项目	数据单位	污水 1	污水 2	污水 3	污水 4	污水 5	污水 6
电导率	μS/cm	1888	21100	2040	2090	40 200	37 700
pH 值	-	5.84	5.54	4.68	5.73	4.9	5.31
氨氮	mg/L	20 800	24 800	10 910	7024	3481	2696
氯离子	mg/L	58 700	39 200	25 700	19 200	29 900	8793

机体排出的胶状物加热后迅速软化变形，表现出良好的流动性，因此能在机体蒸汽吹扫时从排凝口排出，但是在空气中常温放置几十分钟后变硬。胶状物化验分析结果见表2，主要成分分子结构见图5。

表 2 吹扫胶状物化验结果

主要成分	质量分数	分子式	分子量	CAS No
十六酸三甲基硅烷基酯	43%	C ₁₉ H ₄₀ O ₂ Si	328.605 2	55520-89-3
油酸三甲基硅烷基酯	14%	C ₂₁ H ₄₂ O ₂ Si	354.642 5	21556-26-3

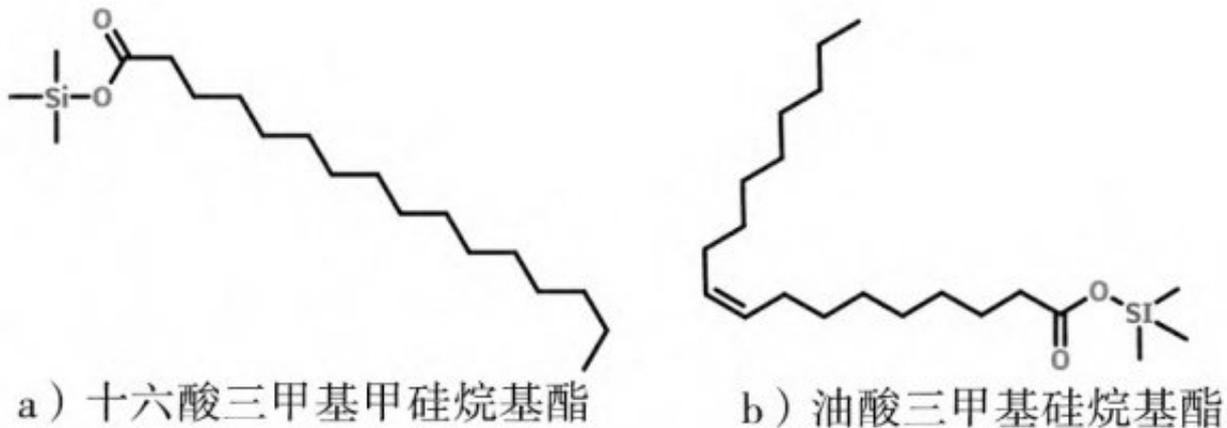


图 5 胶状物主要成分分子结构

4结语

2019年7月11日重整装置恢复至100%加工负荷，循氢机转速升至6800r/min，与7月4日相同工况下的振动相比，驱动端VISA2523的振动值最大降幅达到52%，效果显著（表3）。

表 3 相同工况下压缩机各位置振动值

振动测点	VISA2521	VISA2522	VISA2523	VISA2524
7月4日	15 μm	10.5 μm	64.2 μm	40.8 μm
7月11日	8.0 μm	8.4 μm	30.8 μm	23.5 μm
振动降幅	46%	20%	52%	42%

吹扫完成后，在压缩机振动测点VISA2523频谱图中，振动仍然集中在一倍频，但是与吹扫前相比，一倍频分量大幅降低。转子非驱动端轴心轨迹图中，转子进动方向由吹扫前反进动变为正进动。表明转子仍存在不平衡，但不平衡量明显减小，并且吹扫后转子碰磨现象消除。

截至目前，循氢机注汽吹扫后已平稳运行21个月，各振动测点相比初期虽略有小幅增长，但距离报警值和连锁值尚有较大距离。蒸汽吹扫后极大地延长了循氢机的运转周期，为装置长周期平稳运行提供了有力保障。

参考文献

- [1]马瑛，郑岩，冯绍雄.6000kt/a连续重整增压机组结焦原因及对策[J].辽宁化工，2011，40（2）：59-62.
- [2]赵跃峰.离心压缩机振动故障的分析和处理[J].化工管理，2019（19）：166-167.
- [3]李永强.离心压缩机振动故障的分析和处理[J].化工管理，2019（8）：141-142.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/191617.html>