

催化裂化装置主风机运行期间故障原因分析及应对措施

李晓伟（中国石油化工有限公司洛阳分公司，河南 洛阳 471012）

摘要：中国石化某公司一套催化裂化1#主风机采用西安陕鼓动力有限公司生产的AV56-10静叶可调轴流风机。该机组由烟气轮机、轴流压缩机、齿轮箱和电动机等组成。轴流压缩机就是为催化剂在再生器内燃烧去焦提供风源的设备。由陕鼓集团引进瑞士苏尔寿集团的技术，自行设计、制造的，具有流量调节范围宽和效率高等特点。烟机生产厂家为渤海装备兰州石油化工机械厂，设备型号YL11000L，通过运行期间及时发现问题，提出解决措施，达到装置长周期运行目的。

关键词：催化裂化；主风机；烟机；静叶执行机构；结垢；应对措施

1 REXA 执行器的工作原理及静叶执行机构故障过程

机组的静叶执行机构采用REXA执行机构，REXA液压执行器接受控制室来的控制指令，比较当前位置信号和控制指令，偏差大于所设死区，则输出动作信号，智能可控电机运行，实现伺服油缸线性大力矩输出，进一步驱动轴流风机静叶位置，当所设置偏差小于死区，智能电机停止运行，动力油缸自动保持位置，完成整个调节过程。REXA执行器采用集成化设计，不需要额外提供动力电机、齿轮泵、液压油路，液压油在封闭式循环流动，从根本上解决因液压系统开放循环导致的液压油污染所带来的问题。

操作人员发现1#主风机出口流量从 $2971\text{Nm}^3/\text{min}$ 下降至 $2807\text{Nm}^3/\text{min}$ ，随后开大静叶并联系仪表校验流量仪表，流量仍然有降低趋势。随后操作人员与仪表人员在现场排查发现1#主风机实际静叶角度与控制室静叶角度输出不符。通过历史趋势，可将整个调整过程分为四个阶段：第一、操作人员发现异常，并作出相应调整；第二、逐步开大静叶，仅能维持风量不降低；第三、静叶开至 79° 后风量无法维持，继续降低；第四、现场改至手动后风量保持住，流量不变运行。

2 故障原因分析及应对措施

对历史趋势以及现场情况进行检查后，判断是因为保护筒进水导致位置传感器（电位计）发生故障，具体结构见图1、图2。

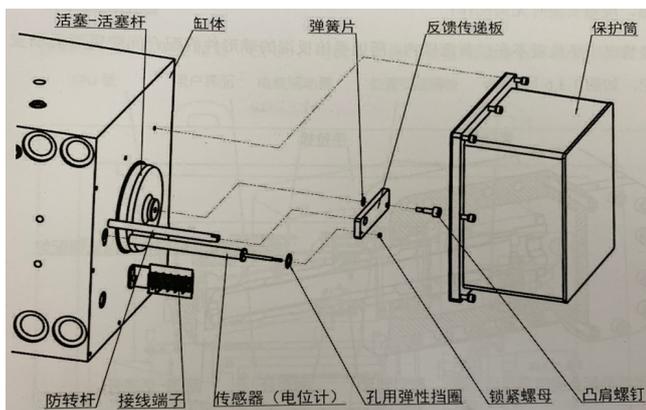


图1 静叶执行机构结构图

位置传感器（电位计）失灵后，回讯信号错误且一直大于输出，在室内远程控制时，静叶控制系统根据偏差判断静叶未关到位，从而导致静叶缓慢关闭；当输出人为给大与回讯一致时，静叶实际位置不动；由于风量持续下降，继续给大输出，当静叶输出为最大时，回讯始终大于输出，静叶关小；当改为现场手动控制后，位置传感器不再参与静叶控制，静叶停止自动关闭。

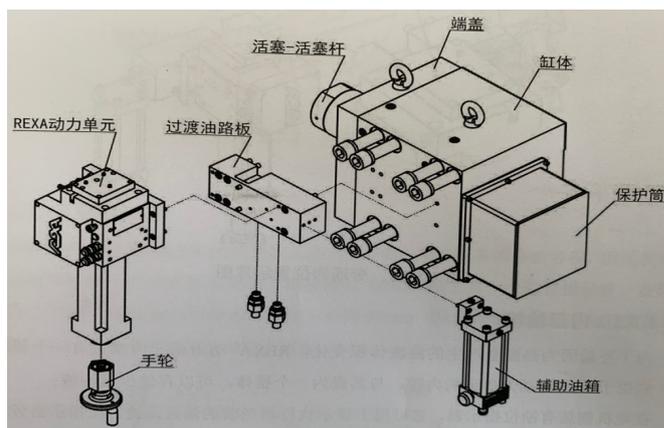


图2 位置传感器结构图

针对上述情况采取以下措施：

- ①当出现主风机风量下降后，比较静叶控制室内的输出和反馈值，若输出和反馈一致时，现场静叶位置不变。若反馈值大于输出值，静叶关闭，反之静叶打开；
- ②若输出和反馈一致时，检查入口过滤器差压是否有持续升高现象，若存在该现象，减少入口过滤器差压增大风量；
- ③校验流量计，确保流量计准确无误；
- ④若持续出现输出和反馈不一致情况，现场检查静叶执行机构实际机械指示阀位，若静叶持续关闭立刻将静叶控制切至手动模式，并手动给大输出；
- ⑤若操作室输出为 79° 已达到最大角度，切至手动模式后，控制面板显示100%，风量仍满足不了条件，现场手动无法调节，需将静叶执行机构断电，切至手操模式，手动给大输出；
- ⑥待操作稳定后分析风量降低的根本原因，本次故障为静叶位置传感器故障原因，确认原因后进行切机处理，将机组切换至备机，目前装置进料量 165t/h ，负荷

率 77%，反再、分馏及吸收稳定等单元运行稳定，产品质量合格。

备机和主机同时运行并向再生器供风，其中：备机风量约 $2000\text{Nm}^3/\text{min}$ ，静叶开度 91%，出口放空阀全关；主机风量约 $700\text{Nm}^3/\text{min}$ ，静叶开度 47° ，出口小放空阀全开、大放空阀开度 33%。

切机完成后，在主机静叶执行机构保护桶打开后，发现接线端子上有水雾，传感器（电位计）端面有锈蚀痕迹（图 3），静叶位置传感器进水失灵。



图 3 静叶位置传感器端面锈蚀

3 烟机结垢原理及振动升高过程

催化裂化作为炼油厂中重油向轻质油转化的核心装置，其安全、高效、长周期的运行直接决定全厂的经济和社会效益。而能量回收机组烟气轮机的结垢问题是影响装置运行效益的主要因素之一。据统计，各炼油厂发生的烟机停运故障达到百起以上，其中与烟机结垢有关的故障达 82 起，近几年来，因烟机结垢而引起烟机振动超标停运的事故多有发生。影响 FCC 装置烟机结垢的因素很多，催化剂颗粒和烟气的化学组成及装置运行工况都与烟机结垢有很大的关系。催化剂颗粒中的 Ca、Fe、Ni 等金属元素和烟气中的 SO_x 含量对烟机结垢的影响越来越受到重视。结垢造成烟机振动异常，甚至造成装置停工和烟机切出等现象对装置的安全生产长周期平稳运行及经济效益构成严重威胁。

烟机轴承箱体为水平剖分结构，两套径向轴承采用可倾瓦结构形式，每一径向轴承部位安装两个互成 90° 的振动探头。烟机投用后，振动情况相对平稳，在 2019 年 12 月 31 日出现数值突升之前，烟机联轴端 VISA8142X 数值平均为 $20\mu\text{m}$ ，VISA8142Y 数值平均为 $23\mu\text{m}$ 。

2019 年 12 月 31 日 15 点 19 分 22 秒至 15 点 19 分 27 秒，振动探头瞬时发生数值升高，烟机联轴端 VISA8142X 为 $32\mu\text{m}$ ，VISA8141Y 为 $58\mu\text{m}$ ，之后振动区域稳定。2020 年 1 月 15 日 17 点 44 分 54 秒至 17 点 45 分 48 秒，振动探头再次发生数值升高，烟机联轴端 VISA8142X 为 $36\mu\text{m}$ ，VISA8142Y 为 $71\mu\text{m}$ ，之后烟机联轴端 VISA8141X 为 $36\mu\text{m}$ ，VISA8141Y 为 $67\mu\text{m}$ ，趋于稳定。

4 故障原因分析及应对措施

作为装置重要机组，采取措施时应慎之又慎，避免

让机组工况进一步恶化，导致机组损坏。故联系专业测振公司安徽容知对机组进行监测，以协助判断机组振动突升的原因，找到处理的措施。团队配合容知厂家于 3 月 13 日进行测试。催化烟机进行了相应调整，将烟机入口蝶阀由 43% 开到 45% 然后关至 25%，最后恢复至 43%，以上调整 8h 内进行了两次。观察烟机振动值整体有下降趋势，烟机联轴端振动 V8142X 下降约 $3\mu\text{m}$ 左右、V8142Y 下降约 $5\mu\text{m}$ 左右。

3 月 13 日测试数据分析表明，烟机振动大主要来源于烟机转子不平衡。烟机转子不平衡原因：叶片局部脱落和动静磨碰。继续运行可能后果：若烟机联轴器端振动持续上升，可能会造成联轴器端转子与支撑瓦瓦面磨碰、叶片进一步结构性损伤的出现以及振动幅值的再一次的突变上升。机组在监控状态下可以继续运行，若烟机端振动持续上升，应安排相应检查、检修。烟机一次检修费用约需要数十万元，因检修造成的损失也非常巨大。由于新烟机运行时间不到一年，叶片结垢为软垢的可能性较大。结合测试期间烟机振动的变化情况，可以认为采取在线处理结垢问题的合理性较大，经讨论分析，决定实施在线变负荷处理及相关优化方案。

①汇报生产调度处，电调，将双北滑阀打至自动控制，同时开大外取热滑阀，密相温度控制 650°C 左右；饱和蒸汽量增加后，尽量进余热炉取热，提前降低余热炉出口过热蒸汽温度；若外取热取热能力满负荷后，密相温度仍高于 655°C ，可适当降低减渣，以进一步减少主风量（烟气量）。期间应动态观察外送蒸汽温度，达到尽量不超温目标即可；

②通过烟机冷却蒸汽，密封蒸汽，阻尼风调整优化烟机运行。调整烟机冷却蒸汽，将轮盘温度由原来的 300°C 调整至 340°C 。将之前引压管连接重新调整，正确后调整密封蒸汽差压至 9kPa ，调整阻尼风，保证烟机排空管微微冒蒸汽。通过调整 1h 节约蒸汽量 970kg/h ；

③通过润滑油温调整优化烟机运行。将润滑油温度指标下调，目前控制在 $35^\circ\text{C} - 38^\circ\text{C}$ 。优化处理后烟机运行正常平稳，8142X 平均值 $21\mu\text{m}$ ，8142Y 平均值 $32\mu\text{m}$ 。

5 结论

主风机故障会造成催化裂化装置降负荷或停工，通过精细化的盯表和不断的发现解决问题，确保催化裂化主风机的平稳运行，从而保证整个催化裂化装置的平稳运行，达到炼厂四年一修的长周期运行。

参考文献：

- [1] 赵连彬, 赵冠夫. 新型 REXA 执行器在风机静叶调节系统中的应用 [J]. 广州化工, 2019, 46(18): 100-102.
- [2] 李孟, 程劲. 催化裂化装置烟气轮机结垢原因分析与对策 [J]. 机械设备, 2019, 8(49): 32-35.
- [3] 陕西鼓风机厂轴流压缩机培训教材. 互联网文档资源, 2016(03): 42-45.