

一起高炉煤气透平机组静叶液压伺服控制系统故障的诊断与处理方法

王博 周瑜 杨侃 杨文龙
西安陕鼓动力股份有限公司 陕西 西安 710611

摘要: 闭环液压伺服控制系统出现问题后, 由于其结构密闭性, 往往难以快速诊断问题所在, 需要通过大量表象证据进行推理验证。本文通过某高炉煤气透平机组静叶动作故障为引, 通过大量基础工作, 直至发现液压伺服控制故障, 为后续类似问题处理提供依据。

关键字: 高炉煤气透平---静叶反馈滞后---液压伺服系统

引言

高炉煤气余压透平发电装置(即TRT)是利用高炉炉顶煤气具有的压力能及热能, 使煤气通过透平膨胀机做功, 将其转化为机械能, 再将机械能转化为电能。通过TRT机组的静叶来调整高炉顶压, 比减压阀组控制得更好, 这样可以带来更稳定的高炉顶压, 而稳定的顶压可以使高炉更加易于控制, 对产量有着积极的作用(如: 陕鼓的“3H技术^[1])。

TRT的静叶控制系统主要由静叶导向机构、液压伺服作动器、液压伺服控制系统等构成, 静叶片通过静叶导向机构执行开关机械动作, 伺服作动器通过连接机构带动静叶导向机构, 将静叶角行程转换为往复的直行程, 由液压伺服控制系统控制伺服作动器实现直行程的精准控制, 最终实现静叶片的精准开度控制。因此, 液压伺服控制系统的控制灵敏性及精度, 直接影响到静叶调节对高炉顶压的稳定与调节能力。

1 液压伺服控制原理

电液伺服控制系统的基本原理是: 反馈信号与输入信号相比较得出偏差信号, 利用该偏差信号控制液压能源输入到系统的能量, 使系统向着减小偏差的方向变化, 直至偏差等于零或足够小, 从而使系统的实际输出与希望值相符。

对液压伺服系统的基本要求首先是系统的稳定性。不稳定的系统根本无法工作。除此以外, 还要从稳、快、准三个指标来衡量系统性能的好坏: 稳和快反映了系统过渡过程的性能, 既快又稳; 由控制过程中输出量偏离希望值小, 偏离的时间短, 表明系统的动态精度高。另外, 系统的稳态误差必须在允许范围之内, 控制系统才有实用价值, 也就是所谓的准。所以说一个高质量的电液伺服系统在整个控制过程中应该是既稳又快又准。^[2]

图1为静叶液压伺服控制原理图。系统通过电磁阀、伺服阀及各液控单向阀的相互配合, 精准控制12.5Mpa液压油在伺服作动器油缸活塞的两侧流量, 进而推动伺服作动器活塞往复运动, 活塞杆则带动静叶导向机构, 实现静叶开关的精准控制。液压伺服控制系统即是整个静叶调节系统的“大脑”, “大脑”一旦出现问题, 静叶控制故障直接影响到高炉顶压稳定, 高炉的正常生产会受波及, 影响煤气发电功率, 同时放散的煤气会产生大量的噪音, 其他煤气放散设备如果也出问题, 就会导致严重的高炉生产事故。

本文针对某钢厂TRT机组出现静叶动作滞后问题(该故障会导致经静叶对高炉顶压调节的时效性延后, 不利于高炉顶压的及时释放, 一旦高炉有瞬间的大流量通过, 而静叶无法及时动作, 极有可能造成高炉憋压的事故), 通过现场大量检查分析工作, 从液压传动基本级检查^[3]、伺服控制系统检查等等, 结合大量检查试验, 最终确定液压伺服控制系统故障原因并解决。

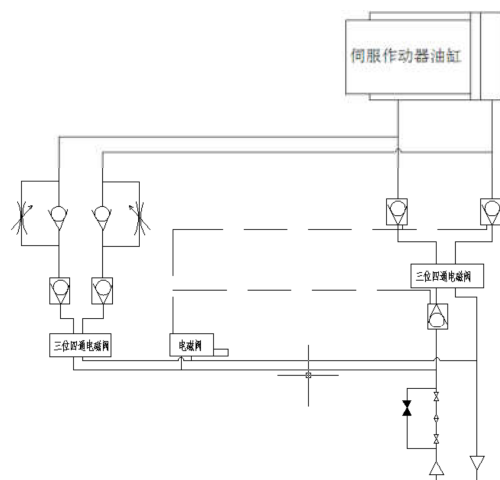


图1 液压伺服控制系统流程图

2 故障表象

(1) 静叶打开反馈动作存在滞后的情况。当TRT机组自控系统PLC发出静叶开启信号大于10%时，静叶反馈信号存在明显延后的情况，实际反馈信号出现变化的时间，慢于给定信号发出后5~15秒；当PLC发出静叶开启信号大于10%时，静叶反馈信号静叶动作基本正常。

(2) 静叶关闭动作的给定信号与反馈信号均正常。

3 原因分析

从整个TRT系统来看，造成静叶动作滞后的原因较多，机械上可能在传动结构环节有卡涩，控制上可能在信号传输过程中有信号衰减等等，大体上有以下可能原因：

(1) 油系统各处管路安装是否正确，布置是否合理；

(2) 伺服阀是否有卡涩情况；

(3) 控制电缆、接线是否有破损；

(4) 伺服控制器接受静叶给定信号、输出控制信号是否正常；

(5) 静叶位置传感器你是否工作正常；

(6) 两侧伺服作动器是否同步动作，静叶导向机构是否卡涩；

(7) 液压伺服控制系统（液压阀台）检查

上述涉及到油、电、机械等多个专业，故障原因复杂，需要逐步进行排查。

4 处理过程

结合以上原因分析，在现场展开重点排查工作：

(1) 根据现场情况，静叶关动作正常，静叶打开大角度存在滞后的情况，初步排除机械部件（伺服作动器）漏油的可能性。

(2) 检查伺服作动器油路，静叶动作过程，有明显油流动，进回油管路一温一热，有明显的温差；判断伺服作动器油路正常。

(3) 查看静叶阀台油管路，进油接头为方接头，可能存在油流不畅，现场改为高压软管连接，如下图，改后效果不明显。



图2改管前



改管后

(4) 控制电缆及信号线正常，连接无问题。

(5) 未排除控制单元是否存在问题，将现场问题机组的伺服阀、伺服控制器、控制模块与另外一套TRT产品的元件进行替换。

替换后，原正常运行机组动作依然没有任何故障，静叶开关正常、自如；问题机组静叶卡滞问题仍然存在，依然是大角度给定静叶打开信号后，静叶动作滞后明显。

对控制系统的情况进行了再次确认：通过手操器直接给伺服控制器直接给20mA电流，静叶2秒内快速关闭；直接给4mA电流，静叶以先快后慢的速度打开静叶，经过至少30s后，开度达到80%左右，再以非常缓慢的速度继续开，此时动力油压力下降。据此，初步排除伺服控制器及控制系统的问题。对调的结果印证控制元件基本不存在问题。

(6) 伺服作动器两侧行程及动作基本一致，静态检查静叶动作自如，没有卡涩的情况。

(7) 对动力油系统及液压控制阀台运行状态检查，发现静叶阀台回油管始终温度高，静叶不动作时，控制电磁阀处在锁位状态，回油单向阀关闭，伺服阀台回油管是不应该有油流过的。

通过查阅静叶伺服系统（阀台）控制流程图（见图1），发现阀台油路上存在诸多单向阀，如果进油路上某一个单向阀存在泄漏，就会影响静叶控制的精度；同时，一旦单向阀泄漏，则会引起阀台总回油管一直有油流动，造成管路温度高的现象，需要重点排查；同时，发现问题机组静叶动作时，动力油泵电流值波动大（16A~28A上下波动），此现场属于动力油系统油耗量增加的征兆，这与阀台回油管温度高的现象相互印证。此时，问题点锁定液压伺服控制阀台。

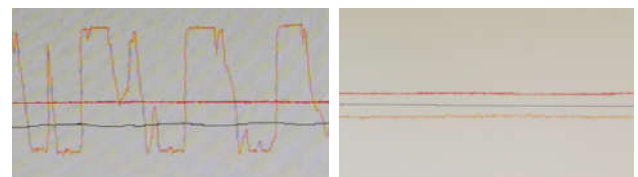


图3 更换前、后油泵电流波动（橙色曲线）

由于现场条件的限制，无法对阀块上的单向阀单独进行对换，最终将全新的一套阀块整体与现有阀块进行替换，更换完成后开机验证，静叶开关动作自如，油系统泄油、油泵电流波动等症状全部消失，问题得以解决。

后续在专业厂家对伺服控制系统阀块的拆解过程发现：静叶液压伺服控制阀台换向（手动控制）电磁阀一路不保压，具体为一路单向阀卡涩，有一不锈钢铁皮卡在阀门密封处，导致阀台长期处于泄油状态，进而影响

静叶开动作延迟。

就此,确诊静叶开动作延迟问题的原因为液压伺服控制阀块单向阀卡滞。从单向检测结果反推,结合液压伺服控制流程图,判断造成卡涩的杂物是从控制阀台进油口高压滤芯处配置的三阀组进入控制阀块中的。



图4 单向阀拆解照片及异物

5 改进建议

由于润滑油洁净度(含杂、含水)引发的相关设备问题已经非常常见,本案例问题由于隐蔽性较强,可能原因复杂多样,导致问题处理耗时耗力。因此,建议设备调试组织管理单位应该严格参照厂家、国家相关标准,对透平设备油系统的清理循环工作认真细致,达到标准要求前严禁执行设备调试工作,避免造成设备异常损坏。

6 结论

液压伺服控制系统在透平机静叶调节中起到非常关

键的作用,同时,液压伺服系统对润滑油品质及洁净度均有较高的要求,本案例系一起典型的因油品质洁净度不达标,引发的液压伺服控制系统故障,具有示范意义。

本文分析过程及检查方案通过大量现场试验数据积累,利用类似“头脑风暴”、“鱼骨法”的分析方法,逐步滤除可疑点,最终直指原因本身;可见,在故障诊断过程中,“大数据”分析依然是基石,在后续故障诊断过程中,应该注重关键数据的积累和提炼,便于我们更快速的解决问题。

参考文献

- [1] “3H-TRT系统”助陕鼓走向世界——陕鼓成功中标韩国现代制铁公司5250m³高炉配套TRT项目,人民网,2007年05月18日[引用日期2014-02-14]
- [2] 刘忠,赵根林.流体传动与控制技术:西安电子科技大学出版社,2016.06
- [3] 侯印浩,宋志安,徐瑞银.液压传动技术:山东科学技术出版社,2009.03
- [4] 谢苗,毛君.液压传动:北京理工大学出版社,2016.02
- [5] 黄志坚.液压伺服比例控制及PLC应用(第2版):化学工业出版社,2019.01
- [6] 黄志坚.液压伺服与比例控制实用技术:中国电力出版社,2012.09