

Analysis of Steam Turbine Speed Fluctuation and Treatment Measures

Yan Gao

Petrochemical Engineering Quality Supervision Station Tianjin Supervision Station, Beijing, 100000, China

Abstract

This paper mainly introduces the speed fluctuation of the turbine of a gas-rich compressor unit of a catalytic device of China Petroleum and Chemical Co., Ltd. Through the fault analysis, not only the cause of the speed fluctuation is found fundamentally, but also the way to solve the speed fluctuation is found to ensure the safe operation of the device. In order to put forward suggestions and improvement measures, only by closely combining the actual situation of the site, considering various professional aspects and multiple perspectives, and more enhance the integration between disciplines, can we better solve various faults and problems.

Keywords

steam turbine; rotation speed fluctuation; reason; treatment measures

汽轮机转速波动原因浅析及处理措施

高燕

石油化工工程质量监督总站天津监督站, 中国·北京 100000

摘要

论文主要介绍了中国石油化工股份有限公司某催化装置富气压缩机组汽轮机转速波动的情况, 通过故障分析, 不仅从根本上找到了引起转速波动的原因, 而且找到了解决转速波动的方法, 保证了装置的安全运行, 以此提出建议和改进措施。只有密切结合现场的实际, 多方面、多专业、多角度地考虑, 多多增进学科之间的融合, 才能更好地解决各种故障和难题。

关键词

汽轮机; 转速波动; 原因; 处理措施

1 引言

中国石油化工股份有限公司某催化装置富气压缩机组是由沈阳鼓风机集团股份有限公司制造的水平剖分式离心压缩和杭州汽轮机股份有限公司制造的背压式汽轮机组成。

汽轮机主要技术参数: 进气压力为 3.3MPa, 进气温度为 420℃, 排气压力为 1.1MPa, 额定功率 3978kW, 额定转速 8398r/min, 最大连续转速 8818r/min, 跳闸转速 9700r/min, 转速范围为 6298 ~ 8818r/min。

汽轮机正常运转过程中, 转速突然出现波动, 波动范围从 100rpm 到 500rpm 不等, 最高到 2000rpm, 转速上涨时室内手动调速 40% 调至 25% 转速不变 (二次油压值也无变化), 间隔 10 分钟到半小时后, 机组转速不调节缓慢自动恢复到变换前, 这时控制功能恢复正常。15 天后, 汽轮机转速再一次出现波动, 严重影响机组的稳定运行。

【作者简介】高燕 (1984-), 女, 中国河北廊坊人, 本科, 工程师, 从事工程质量监督研究。

2 调速系统组成

2.1 调速系统组成

汽轮机调速系统主要由转速感受机构 (调速器)、传动放大机构、配气机构、反馈机构组成。

其中, 转速感受机构又称调速器, 是将转子的转速信号转变成一次控制信号, 按照工作原理可分为机械式、液压式和电子式三大类。汽轮机调速系统采用 PG-PL 型调速器, 通过其动力缸的伺服活塞输出液压信号, 带动整个连杆系统的联动, 前后移动杠杆, 打开或关闭主气阀, 并根据调速器动力缸伺服活塞的负载调节进入的蒸汽量来控制汽轮机转速。

传动放大机构对一次控制信号功率放大, 并按调节目标做控制运算, 产生油动机的控制信号。

配气机构是将油动机的行程转变为各调节气门的开度, 通过配气机构的非线性传递特性, 汽轮机的进汽量与油动机行程间校正到近似线性关系。

2.2 PG-PL 型调速器组成

PG-PL 型调速器的调速系统主要由供油系统, 给定装

置,控制、缓冲系统和油动机组成。

供油系统包括齿轮油泵和蓄能器等组成,其作用是供给调节过程中所需的压力油和控制最高油压。齿轮油泵由汽轮机主轴驱动,将高压油输入高压油管道系统,同时高压油通入蓄能器。蓄能器活塞上部装有弹簧,当高压油作用在活塞的力与弹簧的力相等时,活塞将侧面油口堵住;当高压油作用在活塞上的力大于弹簧的力时,油压推动活塞上移,直到打开侧面油口,高压油通过油口后一部分压力油泄出返回油箱,使压力油系统的油压不至于过高。蓄能器的另一个作用是当油系统瞬间需用较大油量时,由蓄能器来补充。在油泵的吸入端和排出端各设有单向阀,以防止压力油倒流。

速度给定装置用来改变被调节汽轮机的速度,使其能在所要求的转速下运行。PG-PL型调速器的速度给定既能手动又能气动。速度给定装置由手动转速给定机构、波纹管、转速给定控制滑阀、套筒和调速继动活塞等组成。手动和气动信号输入,转速给定控制滑阀在旋转套筒中上、下移动,使调速继动活塞上部油腔中的油流出或注入,调速继动活塞上、下移动来实现给定值的调整。

控制缓冲系统由飞锤、控制滑阀、缓冲弹簧、缓冲活塞和补偿针阀组成。在稳定工况时,缓冲活塞处于缓冲缸中间位置,缓冲活塞左右两侧受到弹簧力和油压的力相等。当汽轮机转速降低时,控制滑阀向下移动,油动机活塞向上运动,开大调节汽阀,使汽轮机的转速升高。反之,当汽轮机转速升高时,控制滑阀向上移动,油动机活塞在弹簧力的作用下向下运动,关小调节汽阀,使汽轮机转速降低^[1]。

油动机又称伺服马达,是调速装置中的液压执行机构。调速器的输出的信号不足以带动调节汽阀,它通过油动机活塞的运动来控制调节汽阀的开度。

当机组需要改变转速时,变速机构是受信号风压的变化而改变调速器弹簧的预紧力,来达到改变转速的目的。PG-PL调速器变速机构采用的是气动元件为波纹管式,主要由波纹管、调速导阀柱塞、调速继动活塞等组成。

2.3 PG-PL型调速器工作原理

PG-PL型调速器工作原理的核心是建立在速度弹簧的弹力与飞锤旋转的离心力保持动态平衡这个基础上的,并且当这种平衡受到破坏时能反馈输出一个信号改变受控驱动机的蒸汽供给情况,使驱动机转速改变、飞锤转速变化,直至恢复到飞锤与速度弹簧弹力相平衡的状态。

3 原因初步分析及处理措施

3.1 原因初步分析

汽轮机调节系统引起转速波动的可能原因有:蒸汽压力、温度波动;调速器故障;转速探头支架松动;信号回路接地、电磁干扰;转速控制仪表故障;调节油的油质;错油门、油动机卡涩。

3.2 处理措施

3.2.1 处理措施

问题出现后,首先调整了调速器补偿油路针阀开度,开度由1/8调整至1/4,调整后波动情况略缓。然后现场手动调节调速器旋钮,检查二次油压与转速变化的对应情况以及错油门-油动机是否存在机械卡塞现象,同时进行下述排查:

①检查仪表风线,排除漏风问题,同时检查室内信号输出以及反馈信号是否有问题。

②检查润滑油油质情况,增加润滑油过滤频次。

③在不影响生产的情况下,小范围调整汽轮机转速以改变调速油流动状况,带走管线中的杂质。

④切换润滑油过滤器,拆卸清洗,确定油的洁净程度。过滤器滤网上附着有细小杂质颗粒,反映出机组润滑油较脏。清理后,汽轮机转速波动问题无明显改善。

⑤润滑油站内补新油,改善油质。

3.2.2 排查结果

①按照排查安排,运行部对照同时段各工艺参数及机组参数查对,未发现相关变量有突变现象,但由于汽轮机轮室压力取压管嘴堵,无法核实汽轮机轮室压力变化情况。

②仪修检查仪表风线,未发现管线泄漏问题,仪表信号检查也未发现问题。

③通过增加化验频次,润滑油化验未发现不合格。

④切换调速油过滤器,检查未见过滤网破损及差压失真现象,但润滑油较脏。

过滤器滤芯杂质附着图如图1所示。



图1 过滤器滤芯杂质附着图

⑤更换PG-PL调速器,清洗随动活塞及错油门,检查发现:错油门滑阀顶针直径减小0.050mm左右。放大器清洗发现随动活塞部分有杂质颗粒,活塞套有点蚀痕迹。检查启动器活塞以及各部弹簧未发现问题。同时检查测量启动器、放大器各部配合间隙,符合要求。更换调速器。检查仪表线以及气电转换器。

3.3 处理结果

调速器回装后,汽轮机进行静态试验,调整汽轮机调节汽阀杠杆角度为11°,调节汽阀的开度与二次油压线性关系基本符合。开机后,汽轮机转速未出现大幅度波动。

4 汽轮机调速器解体检修情况

运行装置将更换下来的调速器送至专业维修机构进行检修整定,具体检查情况如下:

调速器内部润滑油较脏,呈红褐色,如图2所示。



图2 调速器放油图

蓄能活塞上留有杂质颗粒,且发生了偏磨,如图3所示。



图3 蓄能器活塞杂质、磨损

调速器动力活塞磨损。

5 直接原因分析

正常情况下,调速器的速度设定靠速度给定活塞的位置来完成。压力油在速度给定活塞上部区域的流入或流出,就把速度给定活塞移至较高或较低速度设定的位置。

当驱动机所带负荷降低,造成驱动机转速升高时,飞锤旋转离心力增大。当调速器弹簧压力小于一对飞锤旋转离心力产生的向上的力时,滑阀上升,控制面随之上升,中间油从控制面的下方流入无压油池。缓冲活塞左端的压力小于右端的压力,缓冲活塞左移。由于针阀泄漏节流,油动机动力活塞下方的油进入油路,该活塞下降,减少蒸汽的供给,驱动机转速降低,逐渐与速度弹簧的弹力相平衡。与此同时,补偿面的下部压力低于上部压力,滑阀下移,控制面的控制口关闭。在针阀的泄漏作用下,缓冲活塞左右压力逐渐相等,油动机的动力活塞输出稳定,控制驱动机的蒸汽的供给保持稳定。

调速器的油泵位于调速器的下方,被调速器套筒的旋转所驱动。主动齿轮与滑阀同轴线,出口与蓄能器相通,蓄能器有减压安全装置。蓄能器对于稳定油泵出口压力,提高调速器控制转速的稳定性有很重要的作用。蓄能器活塞与缸体的密封为多道迷宫式密封,径向间隙很小(0.015mm左右),对杂质很敏感^[1]。

当驱动机所带负荷降低,造成驱动机转速升高时,气动操作调节气压信号减小,弓形板、指挥阀活塞下降,控制面上升,该控制口打开,指挥阀活塞上方的油进入无压油池。指挥阀活塞上升,复位杆的左端被拉下,回位弹簧、弓形板、指挥阀套筒转而下降,控制口逐渐恢复到关闭状态。由于蓄能器活塞残留杂质的影响,蓄能器活塞卡涩,释放旁路被堵塞,蓄能器压力增加。此时缓冲活塞左端的压力大于右端的压力,该活塞右端压力升高,同时针阀泄漏,中间油通过,进入油动机活塞的下方。活塞上升,增加或蒸汽的供给,驱动机转速继续升高,气动操作调节转速效果不明显。

气压机由于负荷变化,机组转速升高,调速器齿轮泵转速升高,调速器压力油压力升高,蓄压活塞无法移动,系统卸油口被活塞挡住无法泄压,导致油压持续升高,调速器速度设定弹簧无法克服油压被压死,速度持续升高,同时缓冲活塞持续左移,输出活塞持续加载,导致汽轮机调节气门持续打开。

由于调速器振动等因素影响,卡涩的蓄能活塞克服摩擦发生移动后,调速油卸油口打开,油压降至正常值时,转速恢复。

所以造成机组转速突然升高的原因是油脏导致蓄能活塞卡涩。

6 建议或改进措施

为避免类似事故再次出现或发生,建议或改进措施如下:

- ①加强对机组设备润滑油的管理,定期清理润滑油过滤器滤芯。
- ②调速器检修整定后放置时间长,更换前应再进行整定确认。
- ③保证系统参数的线性化关系。保证转速控制系统的定期校验,使调速器电流输出、二次油压和调节气门开度保持线性关系,这是调速系统正常运行的前提条件。
- ④做好关键机组的储备定额及备件工作,遇到突发设备问题,可以及时进行检修。
- ⑤调速器的搬运要轻拿轻放,运输途中减少颠簸振动。
- ⑥设备更新。

经过以上的分析,不仅从根本上找到了引起转速波动的原因,而且找到了解决转速波动的方法。此事件也带给我们启发,任何故障的出现都不能在某一个学科的领域内孤立分析,应该密切结合现场的实际,多方面、多专业、多角度地考虑,只有多多增进学科之间的融合,拓展知识面,才能更好地解决各种故障和难题。

参考文献

- [1] 王世军,吴世奇,程新续.汽轮机转速波动的原因分析及处理方法[J].设备管理与维修,2023(4):42-43.
- [2] 张春岳.汽轮机转速波动的原因分析与诊断[J].石化技术,2023,30(5):49-51.