

# 汽轮机的运行和故障分析

赵 帅

杭州中能汽轮动力有限公司 浙江 杭州 310018

**摘 要:** 作为发电厂中最重要的设备之一, 汽轮机工作的可靠性与稳定性将直接关乎整个供电系统的安全性。但汽轮机在长时间的高速运转状况下, 会遭受诸多因素影响, 从而产生故障。基于此, 一定要全面掌握水电站汽轮机的常见故障, 并能正确诊断故障因素, 以便于有针对性的制定处理措施, 以最大程度恢复正常汽轮机的工作。

**关键词:** 汽轮机; 运行故障; 排除方法

## 1 发电厂汽轮机介绍

发电机是利用天然气、煤、原油为能源来产生电力的。工作过程可总结为: 燃油放入锅中点燃, 不断的加热水产生蒸气, 在水蒸气的影响下, 原来属于化学能的燃油被万知科学出版社专用版万知科学出版社专用版万知科学出版社专用版转化成热量。通过高温蒸气作用带动涡轮的不断工作, 将热量转变为机械能, 以促进汽轮机的工作。而按照燃料的种类, 还可将发电机车分成燃气发电厂、工业废料发电厂、工业余热发电机、生物燃料发电厂等多种类型。汽轮机是火力发电厂的主要装置, 由低温汽缸、中压汽缸和高压缸三个部分构成, 但也有个别汽轮机的低中压汽缸、高压缸是合为一体的<sup>[1]</sup>。

## 2 汽轮机的工作原理

汽轮机, 是以水蒸气为工质并把水蒸气所产生的热能转化为机械功的旋转式装置, 是火力发电的主要动力机械。目前来看, 天然气、燃煤等是发电厂的主要燃料源, 而高卡路里的形成主要是借助于燃料的燃烧而释放出来的, 成为水以后又形成了热蒸气, 而高热力正是利用热蒸气把化学能转变而成的。汽轮机在热蒸汽的作用下连续运转, 这个过程提高了汽轮机的工作能力, 进而获得安全、平稳的供热作用。热量被转换为机器能量, 又同时产生一个循环, 保障着汽轮机的顺利工作。汽轮机通过机械能转换为电能, 能量又被传递给发电机, 如此一个完善的转化、输送、供热循环体系构成<sup>[2]</sup>。

## 3 汽轮机转子运行故障类型

**震动范围:** 基频震动、cpu倍频震动、整分数基频率震动、比例基频率震动、超低基频率震动以及超高基频率震动; **振幅方位:** 侧向震动(水平震动和垂直震动)、轴向震动和扭转方向震动; **主要震动因素:** 转子均匀度设计不良、轴承不对称和零部件的松动、磨擦(与密封件摩擦、转子和定子之间产生的摩擦)、轴承损伤、轴承内部油膜涡动和油膜震荡、空气动力与水力

之间的冲击、轴承强度较差、电气问题等; 震动部分: 大齿轮和轴承之间的震动(轴颈、轴纹叶片)、轴承(油膜滑动和波动)、壳体震动与轴承座震动、基础震动(基座、工作台、支架)、其他结构震动(阀门、阀杆、管道等)<sup>[3]</sup>。

## 4 汽轮机的常见故障

4.1 汽轮机的异常震动 汽轮机异常震动是不可避免的, 是指汽轮机在高速运转中所发生的各种范围的震动, 它也是汽轮机在实际运行中较为普遍的一次事故, 这些震动在法律规定的速度范围内都是允许的, 但如果超过了这个范围的, 需要特别引起注意的。引起汽轮机震动的因素, 许多是与保养不严格、调试不合格或是保养不善密切相关, 如果汽轮机在工作初期或运转过程中发生了震动, 一般要从以上几个方面查找病因, 而后通过振荡次数与振荡声音高低, 通过频率计或是其它测试设备进行检查, 查明问题缘由后加以解决。

4.2 汽轮机叶片不同程度的损坏 汽轮机在工作过程中, 由于机组的振荡频率骤然提高, 在通流部分产生金属的碰撞声, 有可能正是汽轮机叶片破裂的原因, 因此如果证实是叶片破裂或断落时, 就必须破坏真空停机<sup>[4]</sup>。

4.3 油系统的运行故障 贮油箱、水泵、止回阀、燃油冷却器、调压阀、油过滤器、安全阀等组成了汽轮机的油系统, 主要是为了给发电机轴承供给润滑油, 以降低磨擦损失, 从而把热能带走。

4.4 汽轮机凝汽器真空偏低 凝汽装置是汽轮机辅机的常见组成装置, 可通过汽轮机排气口的真空凝汽装置, 以确保汽轮机每时刻都能利用蒸气膨胀减少排出压力, 从而提高汽轮机热效率。汽轮机也可利用凝结器的热排气冷凝成洁净凝结水, 再经由冷凝抽水泵打回到高温锅炉, 从而为锅炉提供可回收利用的热水。汽轮机凝汽器真空度变化会直接干扰汽轮机的正常工作, 如果真空度改变, 则排汽温度出现相应改变, 增加发电机出现震动

故障的概率。外界环境在逐渐升温情况下,气体循环温度增加,大大影响凝汽器的吸收热能,影响水蒸气凝结温度,也因此增加了排气的压强,从而降低了凝汽器真空度<sup>[5]</sup>。

4.5 汽轮机转子不平衡一般来说,告诉转动的转子平衡状态,在动平衡状况下提高了运转作业的稳定性,在日积月累的应用中,会产生转子的弯曲变化现象,使得转子轴承存在一定损坏现象,从而破坏了转子高速动平衡系统。此问题不仅加重轴承损坏现象,而且造成电机扭矩出现不平衡的现象,从而严重影响整个发电装置的运行。所以在汽轮机出厂前,必须做好定子平衡的定向测试、保养,消除质量问题引起的定子不平衡,而由于长时间运行引起的损耗问题不容忽视。

### 5 汽轮机发生故障的主要原因

#### 5.1 气流激振的问题导致汽轮机出现异常振动的现象

5.1.1 汽轮机在运行发电,因为叶片在运转时,受到了不均匀气流冲击的影响,最终导致汽轮叶片激振,这就引起了汽轮机出现故障问题。

5.1.2 对大型的发电机组而言,由于它的末级比起其他发电机组要长的多,这也会导致气流在叶片的膨胀末端形成一些紊乱的现象<sup>[1]</sup>。

5.1.3 当轴承在运转时也会发生气流激振的问题,针对这个现象其实相关部门已提出了解决方案。

5.2 汽轮机长时间的振动引发的问题由于汽轮机长期的工作使得转子产生过热和变形损坏的状况,所以讲,转子的过热变化是造成汽轮机产生反常振荡的主要因素,必须及时排除故障。而因为热变形使得蒸汽船产生抖动的情况也体现在了一个很重要的角度,因为一般情况下是由一倍的振动慢慢地往上递增的,其实与转子的温度和相应的机械系数之间有必然的关联。主要是在汽轮机冷态启动时会发生负电荷,这种情况的定子温度会持续上升,最后造成定子发生严重变形的问题,之后倍频的振荡次数会开始增加,这也增加了定子的应变范围。

5.3 汽轮机转子轴向位移增加汽轮机转子轴向位移增大是在汽轮机的正常运行中经常出现的故障之一,能够引起汽轮机中转子轴向位移力增大的原因也比较多,比如,因蒸汽压力,水珠撞击叶片而使轴向推力上升,同时因水珠在汽轮机中的运动速度慢,从而阻塞了蒸汽通道,在叶轮前产生的较大气压差;由于动叶结垢,蒸汽质量较差,含的食用盐量会引起动叶万知科学出版社专用版万知科学出版社专用版万知科学出版社专用版前结垢,通流容积减小,使动叶前的压力差加大;新汽水温急剧下降时,将引起定子的的工作温度突然下降,定子的

压缩量将超过热汽缸的压缩量,使推力轴承负荷增大极易引起事故;真空下降,汽轮机凝汽器真空温度降低,从而提高了级内反动率<sup>[2]</sup>。汽轮机超负荷工作,推力轴承行业破坏,供热时抽气机组工作状态突然有了很大改变,主、再加热与蒸汽气压不匹配。而润滑油系统也因气压过低、水温过高,使润滑油层损坏而引起推力瓦块乌金烧溶,更严重的就会引起推理力轴承行业过负荷、推力瓦块破坏、动静部分碰摩、叶片断裂、大轴扭曲、隔墙板和齿轮破裂等恶性事故。

5.4 汽轮机油系统问题汽轮机组的燃油系分为贮油箱、水泵、油冷却器等多种构造,是汽轮机中比较复杂的系统,但它最主要的工作就是为汽轮机的所有工作元件和结构进行润滑作用和提高能源的供给,以确保汽轮机内部结构的顺利运行,减少由于碰撞造成的破坏。汽轮机油系统的作用不言而喻,但它在工作过程中出现的一般问题主要是由于润滑油的质量不正确,主要原因是由于润滑油系统在工作环境中产生的残余物没有清洗干净,从而造成了润滑油中存在焊渣、乌金等硬地颗粒。还有是燃油系统入水使燃油性能变坏,其根源是汽封提气调节不良或轴封漏气外漏增大,使汽轮泵燃油系统进水。燃油系统故障也会危害汽轮机的安全工作,要使燃油系统故障减少至最低限度,就需要狠抓系统质量控制,尤其是对机械设备的生产、检测、保养等工作,加强系统运行管理,并加强原油品质监控,如果忽视了其中的每个细节就很可能导致质量问题的出现,给公司造成了很大的损失<sup>[3]</sup>。

5.5 汽轮机的叶片长时间运行导致损坏问题的发生由于前面提到了的定子出现高温时产生变形弯曲的现象,然后引起了发电机的震荡,这之后又出现了一种新的不均匀现象,所以振动的频率自始至终也就没出现过任何的频率改变,而尽管是工频,但因为冲击加上外部因素对汽轮机造成运行上的影响,就产生了一些分频以及高频等特殊现象的产生。当机器进行摩擦工作时,随着汽轮机的震动幅度而产生了相应的震荡情况,再加上它的震荡持续时间也相对地比较长,当机器摩擦得相对比较严重时候,幅度与相位之间的震荡就开始停止,从而机器震荡的幅度会迅速扩大。

### 6 发电厂汽轮机的故障解决对策

6.1 汽轮机凝气故障的检修为处理汽轮机大修过程中辅机真空密度发生故障的情况,要求在运维检测的过程中,对凝汽器侧的空气安全性做出一次全面的及时检测,并运用停机灌水的措施确定在当前装置的最大真空度系统内,是不是发生了问题。同样,在定期维护和检

测的过程中,也要能够着重注意汽轮机的喷嘴和轴封情况,对其加以严密而细致的检测,以便于及早采取措施来减少泄漏点,使抽气的效能得以最大程度上的充分发挥<sup>[4]</sup>。同时改善凝汽器的密封性也是防止该问题出现的有效对策。

6.2 汽轮机转子检测在处理汽轮机转子质量不均匀情况中,首先必须重视的是由于长时间使用而造成的损坏现象也是不能避免的。所以,必须通过对汽轮机出厂后并且在运行的过程中经常进行检查来掌握汽轮机转子的质量及其使用情况,并及时的进行对汽轮机转子的更换。在对汽轮机转子高度进行测量的过程中,必须根据转子高度在工作过程中对汽轮机所造成的干扰和影响,从有关方面入手来实施测量。在进行汽轮机转子测量之前,首先必须标明转子高度,并将水平仪安装于轴颈的中心部位,以对其高度进行标记和观测,并在与以前的资料进行比对后,在可控区域内进行了对轴颈扬度的检测。通过千分表来进行对转子的晃度的检测,再通过相同测量记录和历史数据的比较,最后通过对结果的不同表现来做出评估。也可以使用楔型塞尺来实现调节汽轮机动静叶片间距的策略<sup>[5]</sup>。必须在将联轴器外部的罩壳、螺钉等连接进行拆卸后,吊出转子,并脱出汽轮机端和发电机端之间进行连接的联轴器,看其螺栓的工作状况,而后对发动叶片加以清除。

6.3 汽轮机异常振动的检修因为汽轮机异常振动问题而产生的,原因通常都是由不同的原因而引起的。因此,在处理这些问题的过程中,我们就需要针对各种故障原因的特殊性来制定更有针对性的预防措施,加以应对和解决。在应对气流激振力问题时也必须重视,因为其本身就会产生因为叶片末端气流的紊乱,导致汽轮内存在不平衡空气而导致的空气冲击问题,而这就导致空气激振问题的发生存在必然的不可避免性。处理此类问题后,必须对发电机给水、高压调速汽门作出一个正确的控制,以达到对空气激振力现象的防止和控制,从而减少汽轮机中的异常空气激振力的现象。

6.4 汽轮机油系统故障作为汽轮机的主体组成部分,当汽轮机在运行的过程中,本身的油系统如果出现了问题也同样会导致汽轮机出现罢工的现象。而这种现象的

出现大多是因为轴承质量或者润滑剂的质量不好导致的。而由于导致汽轮泵油系统出现问题的以上二个原因均可以通过人为措施来加以控制,因此在针对此问题时所采取的解决对策较为简单<sup>[1]</sup>。在处理机械设备产品质量问题时其关键点就是机械设备进厂时的品质控制,在做好机器设备的选择和引入时,必须从性价比和总体品质二方面考虑,保证所引入的机器设备符合发电厂正常稳定运转的品质要求。

6.5 汽轮机汽缸的检修汽缸是整个汽轮机作业的重要物质基础,如果没有对汽缸的定期维护就会造成汽轮机在工作过程中产生故障。而在火电厂中,使用比较广泛的汽缸缸体型式则大多是左右二种,它们主要由静叶栅、隔墙板以及转子所构成。另外,在汽缸本身所设置的真空层能够在汽轮机工作的过程中有效的避免了废气进入到其中,从而防止其对汽轮机的工作过程中的安全和可靠性产生危害。

#### 结语

综上所述,发电厂是一个发电和供热的工作场地,其中火力发电所用的装置就是汽轮机,必须要保证汽轮机能处于良好的工作状况,才能安全的发电,提高电能效率。经过研究认为汽轮机的常发问题大多是集中于振动异常、凝汽机异常和调压装置的摆动问题,在解决具体的问题过程中,必须要根据具体的问题情况制定不同的解决办法和方案,以达到对具体问题的具体分析,才能切实解决汽轮机的故障问题,从而确保了汽轮机的安全和电力,并增加了效益。

#### 参考文献

- [1]石泽红.火力发电厂汽轮机的常见故障与检修处理方式研究[J].价值工程, 2019, 38(25): 205-207.
- [2]彭飞.发电厂汽轮机DEH系统的故障研究[J].科学与财富, 2019(25): 321-322.
- [3]张福帅.火力发电厂汽轮机高压加热器运行管理与优化[J].中国科技投资, 2019(33): 86.
- [4]左创举.发电厂汽轮机故障分析与信息分析对策研究[J].信息记录材料, 2019, 20(8): 126-127.
- [5]汪帅.发电厂汽轮机的故障分析与解决对策[J].科技风, 2019.