

发电厂汽轮机常见故障与节能降耗分析

宋金锐

国家能源蓬莱发电有限公司

DOI:10.12238/hwr.v6i7.4500

[摘要] 阐述了发电厂汽轮机常见故障的分析与处置措施,分析了汽轮机能耗较高的原因以及节能降耗措施。

[关键词] 汽轮机; 故障分析; 节能降耗; 处理措施

中图分类号: TM307+.1 **文献标识码:** A

Analysis of Common Faults and Energy Saving and Consumption Reduction of Steam Turbines in Power Plants

Jinrui Song

National Energy Penglai Power Generation Co., Ltd

[Abstract] This paper expounds the analysis and treatment measures of the common faults of steam turbines in power plants, analyzes on the reasons for the high energy consumption of steam turbines and the measures for energy conservation and consumption reduction.

[Key words] turbine fault analysis, energy saving and consumption reduction measures

1 发电厂汽轮机介绍

发电厂汽轮机作为发电厂三大主机之一,在发电厂的电能生产过程中发挥着举足轻重的作用。燃料在锅炉中燃烧并加热给水,燃料的化学能转化为水蒸汽的热能,水蒸汽进入汽轮机做功,在汽轮机静叶中膨胀,热能转化为动能,进入动叶后继续膨胀并推动转子叶片旋转,动能转化为机械能,汽轮机转子带动发电机转子旋转,产生旋转磁场切割发电机定子线圈,机械能转化为电能。汽轮机主要由本体与辅助设备构成,汽轮机本体分为转动部分与静止部分,转动部分为转子、叶轮、叶片等,静止部分为汽缸、隔板、汽封等,辅助设备主要包括凝结水系统、给水系统、循环水系统、润滑油系统、真空系统等等,辅助系统的主要作用是保证汽轮机汽水循环正常进行,除此之外,汽轮机还包含TSI、ETS、DEH等保护控制系统,保障汽轮机设备正常运转。

2 发电厂汽轮机常见故障与处理措施

2.1 异常振动

2.1.1 故障分析

汽轮机异常振动是汽轮机较为常见的故障,在汽轮机正常运行中可能有多种原因所致,运维人员需查找原因,分别分类处理:

(1)设计安装因素: a. 汽轮机转动部分平衡设计缺陷,导致汽轮机转子中心不一致,旋转时产生自发振动。具体可为转子加工工艺差,中心不平衡;叶片加工制造水平低、安装不合格导致中心偏差;转子对轮安装不合格,螺栓质量、紧固性不达标;转

子中心未找正等。b. 转子结构刚性差,结合面处产生差异,造成异常振动,主要体现在坐缸轴承。c. 汽轮机基础刚性差,轴承设计缺陷。主要体现在坐缸轴承,因汽缸刚性不足,导致坐缸轴承随之共振,造成转子振动异常。某些轴承设计、制造、安装工艺不规范,转子与轴瓦间隙不达标,或轴瓦安装未对中,均可导致汽轮机转子异常振动。(2)日常运维因素: a. 机组负荷突变,蒸汽参数波动大,汽轮机内部运行工况发生较大变化,在汽流冲击作用下发生异常振动。b. 运行中相关设备发生故障。主要有轴承损坏、润滑油、密封油、氢气系统参数异常、循环水系统故障等导致系统真空变化、轴封蒸汽温度突变、加热器故障退出等等。c. 并发性异常振动,主要因主机发生较大故障并发性导致汽轮机异常振动,主要有汽轮机进水、大轴弯曲、动静摩擦、汽轮机断叶片、差胀、轴向位移异常增大等等。d. 维护保养不达标。检修工艺差,焊接、安装导致动静中心不平衡,汽封片、对轮螺栓等安装质量不达标,以及开机过程违背操作规程等,均可导致汽轮机异常振动。e. 油膜振荡、汽流激振等自激振动。

2.1.2 处理措施

解决汽轮机异常振动问题,首先要正确分析引起振动的原因。(1)收集全面的机组运行信息,包括异常振动前后机组负荷、蒸汽参数、各辅助系统参数、汽轮机各报警信息等等,根据异常参数确定继续深入研究方向。(2)就地确定振动情况,根据收集的各系统信息,针对异常参数进行全面的相关系统排查,将相关异常参数恢复正常后观察振动变化。(3)依靠专业的振动分析系

统或团队,深入分析解决异常。如汽轮机TDM振动分析系统,根据转子振动频谱分析,找出原因所在,并进行相应处理。

2.2 超速

2.2.1 故障分析

汽轮机的正常运行转速为3000rpm,在正常转速下,各系统设备、金属材料可保持正常运转。当各种原因导致汽轮机转速不正常升高、超出保护动作值而保护拒动时,则会对汽轮机系统带来巨大危害。首先,汽轮机叶片承受的离心力与转速的平方成正比关系,当汽轮机超速时,叶片承受的离心力会呈几何倍增长,极易超过设计值而损坏。其次,转子在旋转时承受的不平衡离心力与转速的平方成正比关系,因此汽轮机超速会导致转子振动异常增大。最后,汽轮机超速可能达到新的临界转速,造成转子振动大幅升高,严重时导致动静摩擦、汽轮机报废,甚至人员伤亡的恶劣后果。

2.2.2 处理措施

(1)汽轮机超速时应立即检查相关保护动作,超速达停机值而保护未动作时立即手动打闸,打闸后检查各汽门关闭严密,汽轮机转速下降,否则立即破坏真空紧急停机,并采取外力辅助关闭汽门、打开锅炉侧排汽阀、打开汽轮机进汽管、汽缸疏水等措施降低汽轮机转速。(2)日常运行维护方面应建立完善的油质监督管理体系,保持润滑油、EH油油质合格,发现异常时及时联系维护处理。(3)严格执行汽轮机汽门活动试验,按最新的标准、导则体系进行汽轮机汽门全行程活动试验、关闭时间试验、松动试验等定期工作,并保持良好的汽品质,避免汽门卡涩。(4)提高检修质量,利用机组检修机会,对汽门进行打磨保养、消除缺陷,保持汽门运行状态良好。对汽轮机控制系统加强维护,确保运行可靠。

2.3 大轴弯曲

2.3.1 故障分析

汽轮机大轴弯曲是汽轮机恶性故障之一,处理不及时会造成设备永久损坏,造成巨大的经济损失。汽轮机大轴弯曲主要由两方面原因造成:一是动静摩擦,各种原因导致汽轮机转动部分与静止部分发生碰摩,转子局部受热不均发生膨胀弯曲;二是汽轮机汽缸温度分布不均匀,造成转子受热不均发生弯曲,这种情况主要是汽轮机进冷汽造成。大轴弯曲会进一步造成汽轮机动静摩擦,使设备受损。

2.3.2 处理措施

防止汽轮机大轴弯曲应严格按照规程规定进行开机、停机操作,特别是热态开机前应充分盘车,检查转子挠度正常方可进行开机。开停机操作过程中注意汽缸上下缸温差,发现温差异常增大时应及时处理,当温差超限时视情况紧急停机处理。滑参数停机过程中注意控制好主汽温降温降压速率,防止蒸汽带水,当汽温10分钟内异常降低超50℃时紧急停机。停机后发生盘车故障投不上的情况时,应进行汽轮机闷缸处理,同时手动进行盘车,当盘车盘不动时严禁强行盘车。汽轮机各种故障停机后应及时倾听机组内部声音,当有明显的动静摩擦声音时应停止连续盘

车,按规定定期手动盘车。

2.4 真空异常

2.4.1 故障分析

凝汽器真空是汽轮机系统的重要运行指标之一,其正常与否不仅关系到系统运行的经济性,更与系统的安全性密不可分。机组真空升高时,末级排汽压力进一步降低,蒸汽膨胀做功更加充分,汽轮机功率增大,机组经济性升高。但如果一味的提高真空,当真空升高对机组功率的提升效益小于循环水系统出力增大而多消耗的电功率时,就会得不偿失。当真空进一步升高,末级叶片蒸汽膨胀达到极限时,就会对设备产生不利影响,可能造成设备损坏。而凝汽器真空降低时,同样的功率需要更多的蒸汽做功,机组运行经济性差,同时可能导致调节级过负荷,排汽温度升高,排汽口中心发生变化,进而导致汽轮机中心一致性被破坏,引发异常振动。当真空进一步降低时,过高的排汽压力还可导致低压缸安全膜动作。

2.4.2 处理措施

凝汽器真空异常降低为较为常见的故障,当机组正常运行中发生真空异常降低时,应立即启动备用抽真空设备,并立即检查相关系统运行情况,包括循环水系统、轴封系统、小汽轮机真空系统等,如果真空维持不住,应按照一定的速率快速降低机组负荷,避免异常扩大,当真空降低至保护动作值时检查汽轮机自动脱扣,否则手动停机,并进行进一步处理。

2.5 油系统异常

2.5.1 故障分析

油系统异常主要包括系统泄漏、油质恶化、设备故障等。当油系统泄漏、设备故障时会导致系统压力降低,设备润滑不足导致损坏。油质恶化同样会导致润滑不足,调速系统油质恶化还会造成汽门异常动作,发生汽轮机超速等重大故障。

2.5.2 处理措施

当发现油系统泄漏时应及时联系维护人员加油,同时迅速查找故障点并进行隔离,做好泄漏点处的防火工作。当油泵等设备故障时及时切至备用泵运行,确保系统参数正常。日常运行中,建立好良好的油质监督体系,按照规定认真开展油质化验定期工作,加强对油系统滤网、在线滤油机的维护保养,确保油质合格。加强维护消缺,油系统发生异常时及时进行消缺处理,无法在线处理的申请停机处理,确保系统运行良好。

2.6 冷却水系统异常

2.6.1 故障分析

汽轮机冷却水系统主要包括定子冷却水系统、闭式冷却水系统、开式冷却水系统等。冷却水系统发生故障最直观的反应就是相关系统设备温度异常升高,如果处理不及时,可能造成设备损坏、机组跳闸的严重后果。

2.6.2 处理措施

发现冷却水系统异常时应立即检查相关设备温度变化情况,并立即对冷却水系统进行排查,检查有无阀门误动、设备故障、系统泄漏等,及时联系处理。短时间故障无法消除,相关设备温

度超限时应紧急停止运行,必要时机组停机处理。

3 电厂汽轮机运行节能降耗分析

汽轮机是发电厂生产过程中的重要组成部分,汽轮机运行的经济性也直接影响了整个发电厂的经济效益。在汽轮机的运行过程中,难免产生各种损耗,这些损耗造成了汽轮机效率的降低,产生了能源浪费,造成了不必要的经济损失,因此,汽轮机的节能降耗研究与发展势在必行。随着汽轮机技术的升级换代,汽轮机运行效率也较以往大幅提升,节能降耗效果也有了明显改观。但是面对目前复杂严峻的社会发展现状,以及对能源行业的节能环保运行提出的更高、更严格的要求,汽轮机的节能降耗运行水平仍存在一定的差距,因此,必须加强对汽轮机节能降耗技术的研究,提升汽轮机运行效率,降低能耗,促进行业技术水平不断进步,提高经济、社会效益。

4 汽轮机能耗高的原因分析

4.1 通流效率降低

汽轮机组随着运行时间的增长,其内部动静部分间隙逐渐变大,级间损失增大,导致效率降低。同时,随着汽轮机设计制造技术的不断进步,原有的技术水平已经不适用于当下新形势需要,主要体现在汽轮机叶形、叶栅通道技术落后等。

4.2 汽缸效率降低

汽轮机外缸发生变形、汽轮机的低压缸出汽边受到腐蚀、轴封间隙增大、过桥汽封磨损等,均会导致汽轮机缸效率降低,汽轮机的耗能增加。

4.3 汽轮机运行参数异常

由朗肯循环解析可知,提高循环初参数、降低循环终参数,对循环效率的提高有着直接影响,当汽轮机运行中,蒸汽参数异常降低、真空达不到经济真空值,则会较大影响汽轮机运行的经济性。除此之外,辅助系统的系统参数对机组经济性也有较大影响,例如给水温度、凝结水过冷度、凝结水温度等等。

5 汽轮机节能降耗的措施

5.1 保持汽轮机主要参数正常

如上文分析,提高系统循环的经济性,就要在适当的范围内尽量提高蒸汽初参数,降低终参数,即适当提高主蒸汽压力、温度,降低低压缸排汽压力。提高初参数方面加强主蒸汽参数调整,加强锅炉燃烧调整,保证主蒸汽参数达到额定值。降低终参数方面即保持机组经济真空值,应从以下几方面进行:首先,及时调整循环水系统运行方式,根据季节与机组真空度变化及时调整循环水泵运行数量、频率或功率,在满足机组真空要求的同时降低厂用电率。其次,加强对机组真空系统的维护,定期进行真空严密性试验,查找系统泄漏点,保持真空系统严密。最后,提高维护补缺力度,对相关系统设备加强巡检运维,确保设备健康水平良好。

5.2 对汽轮机组进行升级改造

顺应当下技术发展潮流,对汽轮机进行相关改造,达到提高效率,降低能耗的目的。汽轮机通流改造,对落后汽封技术、叶片形式、隔板构造、进汽插管密封等进行升级,减小动静间隙,降低级内、级间损失,改善汽缸内蒸汽汽流通道,可有效地降低汽轮机能耗,也是目前汽轮机升级改造的重点项目之一。辅助系统升级改造,例如循环水泵、凝结水泵升级改造,凝汽器清洗装置改造,真空泵系统节能改造等等,均可在一定程度上减少汽轮机系统运行中的能源损失,提高机组效率。

5.3 加强汽轮机辅助参数的调整

汽轮机辅助参数主要是指上文提到的给水温度、凝结水温度、凝结水过冷度等。提高给水温度方面主要从高加运行情况入手,检查各高加运行状况良好,高加水位、温升、端差均在正常水平,当参数异常时应及时分析并处理。凝结水温度的控制与给水温度相似,着重注意各低加以及轴封加热器运行情况。除此之外,凝结水过冷度、凝汽器端差等参数也对系统的经济性运行有一定的影响,应着重关注并加强调整,保持正常。

5.4 加强对汽轮机系统设备的运行维护水平

汽轮机在正常运行中并不需要大幅度操作调整,运行的重点工作主要是监视好各系统参数正常,例如汽轮机本体TSI参数,振动、差胀、轴向位移、缸胀等,尤其在汽轮机发生异常事故时,更是要着重监视好汽轮机本体参数。汽轮机辅助系统各参数,如润滑油系统压力、温度,凝结水系统、给水系统温度、流量,循环水系统压力、温度,以及轴封蒸汽系统压力温度等等,任意系统参数发生异常都必须马上进行处理,处理无效达到规程规定的动作值时进行相应的处理,严禁违反操作规程迫使汽轮机带病运行。

6 结语

汽轮机是发电厂生产过程中的重要设备之一,汽轮机的正常运行关系着发电厂的经济性与安全性效益,本文从汽轮机简介出发,分析了汽轮机异常振动、超速等常见故障以及相应的解决措施,同时分析了汽轮机能耗偏高的原因以及相应的对策,希望能为汽轮机运行维护发展方面提供参考,切实提高发电厂的经济效益与安全效益。

[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]贾尚霖.电厂汽轮机运行的节能降耗探析[J].科技与企业,2014,09(10):273-275.
- [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.

作者简介:

宋金锐(1988--),男,汉族,山东乳山人,大学本科,国家能源蓬莱发电有限公司,中级工程师,研究方向:火电汽轮机运行。