

# 燃气轮机运维关键技术分析

胡为经

(中海油珠海天然气发电有限公司, 广东 珠海 519090)

**摘要** 燃气轮机是以连续流动的气体为工质带动叶轮高速旋转,将燃料的能量转变为有用功的内燃式动力机械,属于一种旋转叶轮式热力发动机。若想保证燃气轮机良好运行,应通过关键技术手段,重点做好燃气轮机的运维工作。基于此,本文重点对燃气轮机运维关键技术进行分析,从燃气轮机相关概述入手,分析燃气轮机常见故障问题,提出燃气轮机运维关键技术,以供相关人员参考。

**关键词** 燃气轮机 运行维护 关键技术

中图分类号:TK407

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2022)09-0031-03

同火力发电相比,燃气发电不会占用较多的面积,运行灵活、建设周期短,同时,还具备节能减排优势,能够保证供电的可靠性与安全性。当前,为促进天然气发电产业发展,我国加大了对燃气轮机发电技术的研究力度,不过同发达国家相比,我国在燃气轮机设计与制造上仍存在一定差距,燃气轮机运维技术仍需不断完善与优化,因此,重点对燃气轮机运维关键技术进行研究意义重大。

## 1 燃气轮机概述

燃气轮机运行环节,会将连续性流动的气体作为工质,将热能转化为机械能。对于空气与燃气相关流程,主要是通过燃气轮机循环实现,其中存在较多的组成部件,包括压气机、燃烧室、透平等,属于简单循环,大多数燃气轮机均为这种工作模式。这种循环模式结构简单,并且能够使燃气轮机具备较多的优势,如快速启动、重量轻、体积小等。现阶段,燃气轮机检修过程中,通常选择的是计划性检修模式,热通道零部件运转状况属于主要的检修内容,检修范围主要包括燃气轮机、热通道以及燃烧室等。由于燃气发电厂不具备检修范围及周期的自主检修权,往往需要支出较大的检修费用,检修企业会选择状态监控与定期维修的方式检修燃气轮机,在状态监控中,了解燃气轮机运行数据,在对数据全面分析下,诊断燃气轮机的运行状态,进而制定出针对性的运维方案,获得更高的经济效益。

## 2 燃气轮机常见故障

燃气轮机运行环节,会受到较多因素影响,从而出现故障问题,常见故障问题主要为:第一,压气机

叶片积垢。运行环节,燃气轮机会吸入大量空气,此时,存在于空气中的微粒灰尘也会进入燃气轮机中,不断聚集在叶片上,进而对燃气轮机工作性能造成影响。第二,叶片磨损或腐蚀<sup>[1]</sup>。燃气轮机长时间运行下,叶片会不断受到空气中固体颗粒的撞击,从而使叶片表面出现磨损,使叶片运行阻力系数增加,在一定程度上降低轮机工作效率。第三,机械损伤。受到空气中灰尘颗粒、零件脱落等因素影响,会导致轮机机械损伤,造成叶型损耗,形成流动干扰,严重情况下,会导致叶片断裂,使轮机关断。第四,燃烧室故障。高温高压环境下,会引起燃烧室故障,对燃烧室工作效率产生影响。以上故障问题的存在,均会降低燃气轮机工作效率,因此需要通过运维手段,保证燃气轮机处于良好的运行状态。

## 3 燃气轮机运维关键技术

### 3.1 合理确定检修周期

基本上所有燃气轮机均是通过启停次数或等效运行时间确定检修时间间隔与检修规模。大型燃气电厂通常存在两种运行模式,一种是长期运行,另一种是两班制运行。燃气轮机长期连续运行时,其等效运行时间会先达到检修周期,两班制运行模式下的燃气轮机,启停次数会先达到检修周期,表1为常见大型燃气轮机的检修周期。燃气轮机检修周期会受到较多因素影响,包括运行时间、运行方式、空气质量、燃烧温度等,燃气轮机运维过程中,需要合理确定检修周期,避免故障问题的发生。

### 3.2 优化运行条件

机组运行环节,应定时进行巡视检查,对各项参

表1 常见大型燃气轮机的检修周期

制造商	西门子	美国 GE	三菱重工
机型	V84.3/94.3A	PG7F/9F	M701F
燃烧室 /h	8000	8000	8000/300
热通道 /h	25000	24000	24000/900
大修 /h	50000	48000	48000/1800

数变化进行了解,及时发现其中存在的问题,避免故障问题出现,科学制定检修计划。对运行条件进行优化,第一,防止燃气轮机在满负荷工况下出现跳闸以及甩负荷问题,出现一次跳闸及甩全负荷问题,当量启动次数分别是正常停机的十倍及六倍左右,均会对热通道部件寿命产生较大影响。第二,燃气轮机运行环节,应严格根据标准启停曲线启停机组,以免负荷变化率过大,增加机组等效运行时间,使叶片出现热疲劳损伤,导致检修周期缩短,运行环节需要对负荷波动幅度及速率进行严格控制。第三,适当延长机组运行时间,降低正常启停次数。机组开机后,尽可能延长机组运行时间,以免频率与超温交变应力危害到高温部件,延长其使用寿命。第四,电网允许情况下,适当降低运行负荷,避免叶片出现较大的蠕变寿命损伤,会使机组返修率有所降低,不过会对机组经济性产生一定影响。因此,需要统筹考虑机组返修率、高温部件寿命与机组经济性问题,确定出最佳的运行状态。

### 3.3 重视燃气轮机各系统检修

1. 燃烧系统检修。燃气轮机中,燃烧系统属于核心系统,应作为常规检修的重点。检修过程中,工作人员需要将燃烧系统的检查关键放在喷嘴、旋流器、动叶、火焰筒以及过滤段。一般而言,检修人员可结合燃烧系统叶身表面沉积物、涂层脱落、喷嘴积碳、过渡段焊缝探伤结果、密封圈磨损痕迹、动叶磨损、旋流器磨损等情况,对燃烧系统是否存在过烧等问题进行判断,同时,若零部件存在积碳、脱落以及磨损等情况,应及时予以处理,增加燃烧系统使用时间。检修工作开展环节,检修人员应定期对内部涂层进行喷涂维护,还应及时掌握容易磨损部件情况,如动叶以及喷嘴等,及时对各个备品备件进行更换,全面清理容易积碳的部分。若检修人员检修中发现特殊痕迹,需要对其产生的原因进行判断,再予以针对性处理,确保在规定时间内完成检修工作。

2. 各轴瓦部分检修。对于轴瓦而言,其属于燃气轮机中较为重要的动力装置,主要的作用是确保动叶等部分可以正常运转。因此,检修人员应对各轴瓦进

行定期的解体检查,将轴瓦内齿轮划痕以及磨损情况作为检查重点。若在实际检查中,发现轴瓦中发现磨损或者划痕问题,则表示轴瓦可能存在仪表、润滑油系统、异物及安装等问题,需要对以上问题进行重点关注。如果轴瓦解体安装时没有正确进行安装,轴承运转过程中,会发生内部磨损情况,对正常使用寿命造成影响<sup>[2]</sup>。如果大修或安装环节检修人员没有彻底清洗干净油系统,轴瓦运行环节会受到异物干扰,轴瓦内侧与轴承内部会出现划痕磨损,严重情况下会出现危险振动。当润滑油系统存在问题,如使用的润滑油存在问题,使用环节会有杂质混入,对油膜造成破坏,导致润滑油系统油温不正常,从而对轴瓦部分产生不良影响,发生轴承故障问题,使燃气轮机无法正常运转。检修环节,检修人员通过对轴瓦部分解体检查,在润滑油系统切换操作下,检查各个流程,分析标尺以及明杆系统阀门规格是否满足实际要求,并检查油位与油温,校验测量仪表。燃气轮机工作环节,若存在测量仪表数据异常波动、轴瓦冒烟等问题,检修人员应紧急停机进行检查,解决故障问题后,确保燃气轮机能够正常运行,才能投入使用。

3. 冷油器部分检修。冷油器通过水冷降温的方式对润滑油母管温度进行降温处理,确保润滑油母管温度处于正常范围内,不会达到跳机值,以免对燃气轮机正常运行产生影响。不过夏季时分环境温度会明显升高,会使散热效率降低,即便设置了冷油管,润滑油母管也会存在问题<sup>[3]</sup>。检修人员应保证冷油器处于正常状态,从而对润滑油母管温度进行有效控制。进行冷油器检修时,主要选择体检检修的方式,检修人员应分别检查冷油器油侧及水侧情况,判断油侧进油间隙是否过小、水侧是否存在阀门位置不正确以及管路堵塞等情况。检修环节,若发现存在以上问题,应做好油侧油间隙清理、水侧堵塞管路疏通及阀门位置检查,提升冷油器工作效率,防止润滑油母管温度过高情况,避免对燃气轮机轴承及轴瓦产生不良影响。

4. 各类阀门部分检修。燃气轮机中阀门的存在能够对机组转速及负荷进行调节,若存在故障问题,会

严重影响燃气轮机的正常运行。检修工作人员应重点对伺服阀、控制阀以及速比阀等进行检查,通过定期检查的方式,进行各类阀门的定期清洗与更换,保证阀门作用的良好发挥。其中伺服阀的油滤网容易发生故障问题,控制阀较为常见的故障问题是阀门卡死,速比阀的油滤芯很容易存在故障情况。具体检修环节,检修人员应针对以上容易出现故障的位置进行定期检查,利用针对性的方式进行阀门测试,当发现阀门存在故障问题后,应及时进行清洗与更换,保证其处于正常使用状态。特别是需要重点对控制阀进行检查,该阀门的主要作用是对阀间天然气压力进行调节,属于故障停机期间进行燃料供给阶段的关键阀门,因此应保证其处于良好的运行状态。

### 3.4 优化配置备件备品

第一,优化备件备品采购模式。现阶段,较多燃机电厂选择的是合约模式,这种模式下,在运行维护上制造商拥有较高的话语权,而电厂不能自主进行电厂运行维修,使电厂面临较高的维修费用。近年来我国逐渐加大了对燃气电厂的投入力度,使得燃气轮机数量不断增加,对于同一区域或同一集团下的同类机型燃烧电厂,因为会应用到较多的燃机台数,可形成一个合作整体<sup>[4]</sup>,同制造商签订长期服务及备件合约,使电厂获得主动权,从制造商手中以较为优惠的价格选购备件、选择检修人员及进行部件修理等,通过这样的方式,不仅能够获得良好的备件备品供应,还能有效降低检修成本。第二,优化备件备品数量。燃气轮机中的热端部件价格较高,一般会超过整台机组价格的40%,所以,备件备品数量会对检修成本产生较为重要的影响,通过对备件备品数量进行优化,能够有效降低维修费用。基于经济运行优化模式及电厂自动发电控制下,根据每年用气量,结合制造商技术文件中对热通道设备检修间隔时间的要求,将各机组检修间隔运行时间错开,实现热通道部件良好调配,最终降低备件备品数量。

### 3.5 选择多样化诊断方法

第一,基于规则前提下的专家体系诊断方法,这种诊断方法属于产生式方法,是在专家不断研究总结下形成的方法理论,主要用于燃气轮机故障诊断以及故障发生前各项关系分析。这种方式具备较多优点,简单易懂、直观形象,同时,具备较为迅速的诊断推理速度,不会占有较大的储存空间。专家体系诊断方法下对编程与开发快速原型系统存在较大的优势,可

以为其提供较多有利之处<sup>[5]</sup>。不过也存在一定的不足,在知识覆盖故障模式上相对有限,无法迅速且准确的诊断出没有出现过的故障问题,可能会出现诊断失误及无法诊断出故障的情况。第二,神经网络诊断方法。利用这种方法进行故障诊断,其实质是建立从征兆至故障源的映射过程,这种诊断方法存在高度的非线性特征,并且具备较强的联想记忆能力,可以准确检测并分析燃气轮机可能存在的风险,从而获得正确的结论。神经网络诊断方法应用中也存在一些缺陷,无法对诊断过程进行全面论述,不适用于具体活动中,是一种黑箱式方法,若想获得良好的诊断应用效果,仍需进行改善与优化,从而更加准确地检测燃气轮机故障,保证燃气轮机诊断工作的良好开展。第三,混合智能故障诊断方法。这种方法是较为全面的故障检测体系,能够结合发动机各系统故障征兆,并通过对历史故障数据进行分析,确定出实际的检测原则。混合智能故障诊断可以对模糊信息水平进行描述,并且,在推理能力上与人脑思维水平较为接近,可以准确检测出故障问题。

## 4 结语

综上所述,燃气轮机属于燃气电厂中的主要设备,若想延长燃气轮机使用寿命,需要做好燃气轮机运维工作,通过合理确定检修周期;优化运行条件;重视燃气轮机各系统检修;优化配置备件备品;选择多样化诊断方法,提升燃气轮机运维质量,保证燃气轮机处于良好运行状态,使我国燃气电厂获得较高的经济效益,不断提升我国的经济水平。

## 参考文献:

- [1] 阎福华,武文杰.燃气轮机电厂氮氧化物排放与性能优化的研究[J].燃气轮机技术,2019,32(04):47-51.
- [2] 孟凡刚,冯永志,于宁,等.燃气轮机典型故障统计分析及其运行维护[J].电气时代,2020(01):52-53,56.
- [3] 万震天,田书耘,谢岳生,等.燃气轮机运维关键技术分析与思考[J].能源研究与管理,2020(01):111-114.
- [4] 王文斌.燃气轮机运行与维修技术探究[J].内燃机与配件,2021(21):164-165.
- [5] 应雨龙,李靖超,庞景隆,等.基于热力模型的燃气轮机气路故障预测诊断研究综述[J].中国电机工程学报,2019,39(03):731-743,952.