

某 PG5361P 燃气轮机轴瓦失效事故分析

张中国, 宋子义

(中石化西北油田分公司油田供电管理中心, 新疆 轮台 841600)

摘要:某台 PG5361P 燃气轮机大修后试机过程中发生轴瓦乌金烧损, 推力盘和轴颈磨损, 叶片、气封和油封磨损等事故。结合检修和运行数据, 对故障原因进行分析, 指出检修不当所导致的推力轴承缺陷是故障主要原因, 监测不力、采取措施不及时是事故次要原因。运行中应加强和重视对参数波动现象的监测。

关键词:燃气轮机; 轴承; 碰擦; 故障分析

中图分类号: TK478

文献标识码: B

文章编号: 1009-2889(2015)01-0055-03

2012年4月, 某燃气轮机电厂 PG5361P 燃气轮机大修后开机。试机前3次高速盘车进行燃料阀标定及 IGV 导叶检查工作, 机组参数正常。机组在全速空载状态下运行, 发生了副推力瓦和 1#径向瓦烧损, 1#轴颈磨损, 压气机叶片、气封和 1#轴承油封齿磨损等燃气轮机开机事故。本文结合检修和监测数据, 对事故过程和原因进行分析。

1 试机过程

2012年4月26日 10:59, 机组按自动开机程序执行, 启动时滑油母管温度为 29℃, 11:12 达到全速空载。整个开机过程中各参数正常。

全速空载后, 现场人员听到透平间有异常声音。技术人员判断因膨胀不均匀导致燃气轮机内部出现了擦缸现象, 建议运行一段时间, 等整个机组温度上来后再视情况判断是否需要停机检查。

随后运行人员发现异音越来越明显。随着异音增大, 轴承振动值开始在 0.5~3.2 mm/s 间波动, 1#轴承回油温度逐步增长到 81.6℃。机组各种保护没有发出停机或紧急停机指令, 11:41 人为进行了正常停机, 1#轴承回油温度继续上升。11:42 再次进行了人为紧急停机, 1#轴承回油温度继续增长到 91.5℃。紧急停机过程中, 1#轴承回油温度最高达到 96℃。停机前的滑油母管温度 50℃。故障过

程中从机组监控曲线上可以发现轴承振动值已经达到 12.8 mm/s, 已接近报警值 13.5 mm/s。

开停机过程中, 燃气轮机监视的转速、振动、回油油温等参数变化曲线示意简图如图 1。

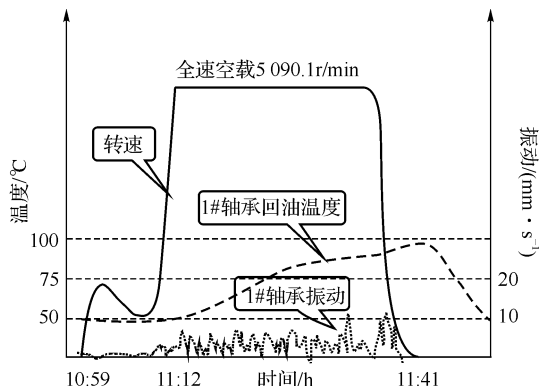


图1 开机过程中转速、油温、振动变化曲线

燃气轮机熄火后, 机组内部传出的擦缸声音很明显, 5 min 内降到了零转速。停机后, 燃气轮机大轴卡死无法盘车。退出盘车, 打油循环至冷却正常完全停机。

2 损伤情况检查

2.1 叶片

压气机 1~4 级静叶片叶顶均出现进气边卷边、磨损, 部分叶片叶顶排气边掉块。1 级静叶下缸最

收稿日期: 2014-06-16 改稿日期: 2014-07-10

作者简介: 张中国 (1965-), 男, 石油工程高级工程师, 从事石油钻井机械设备和油田发供电设备管理工作。E-mail: zhzhguo748@163.com。

底部有 2 片叶片严重弯曲,弯曲角度约 30° 。5 级静叶叶顶进气边轻微磨损,6~17 级静叶无损伤。

压气机 1~4 级动叶叶顶磨损、卷边、排气边掉块,叶根排气边最深磨损深度 2 mm,部分叶片叶根存在细小裂纹和掉块。5 级动叶排气边叶根轻微磨损,6~17 级动叶无损伤。部件损伤部分见图 2。

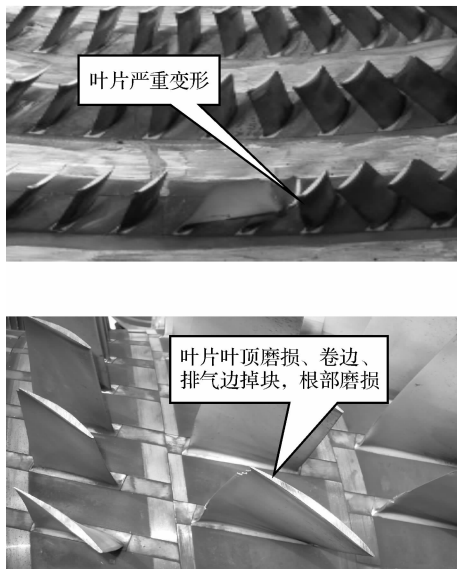


图 2 部件损伤

2.2 轴承

1#轴承径向瓦下半瓦前侧轴向宽度 65 mm 巴氏合金带全部脱落,露出基体,轴瓦最底部基体磨损深度 0.40 mm。上半瓦前侧约 70 mm 宽的巴氏合金烧融,露出基体,基体无损伤,烧融的巴氏合金呈融化状向后侧堆积。1#轴颈划痕宽度约 200 mm,磨损最大深度约 0.50 mm。1#轴承前、后侧油封齿磨损约 2 mm。2#轴承无损伤。轴瓦巴氏合金脱落见图 3。

副推力瓦基体磨损深度约 5 mm,副推力盘最大磨损深度约 5 mm,主推力瓦及主推力盘部件无损伤。

2.3 密封

透平一级动叶轮间密封齿及二级喷嘴部分扇段轮间密封齿磨损,所有一级动叶叶根密封齿磨损深度约 2 mm,二级喷嘴扇段磨损深度约 1 mm,压气机排气内缸密封齿磨损约 3 mm。

3 故障过程和原因分析

3.1 副推力瓦损伤

机组启动至空载阶段,压气机排气压力低,转子轴

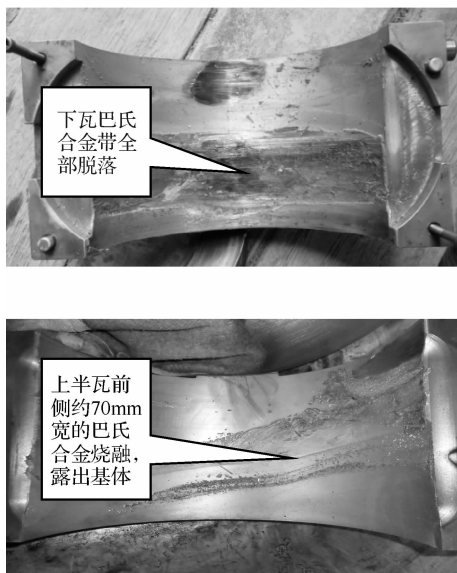


图 3 轴瓦巴氏合金脱落

向力顺气流方向向后,转子轴向力需要依靠副推力瓦来平衡。

据调查,机组大修过程中,安装辅助联轴器时,操作人员在燃气轮机轴和辅助齿轮箱间用千斤顶加力,意欲增大燃气轮机轴和辅助齿轮箱间的轴向间距,以便于装入辅助齿轮箱联轴器。在此过程中,千斤顶用力过大,导致副推力瓦的乌金受损。

副推力瓦存在损伤,在承受转子轴向力状态下,局部流体动力润滑状态失效,乌金与副推力盘发生摩擦,轴瓦温度升高。随轴瓦温度升高,摩擦部位发生乌金磨损,并导致其它部分的乌金温度升高及润滑失效,进而扩展到整个轴瓦的乌金全部烧毁。乌金烧损后,副推力瓦基体与副推力盘发生摩擦而导致二者都磨损。部件磨损是一个持续加剧的过程,摩擦过程要产生大量热量,故轴承回油温度一直升高。

3.2 动叶片碰擦

随副推力瓦磨损的加剧,转子一直在向后移动。压气机的前气缸呈前大后小的收缩状。当转子向后移动量增大到某一数值时,动叶片叶顶与气缸发生碰磨,导致转子振动增大。

动叶片与气缸碰磨时,气缸对叶片和转子产生一个向前的轴向力,推动转子向前移动,动叶片和气缸脱离碰磨状态,转子振动值降低。副推力瓦受力减小,副推力瓦与推力盘脱离磨擦状态,回油温度升高速度放缓甚至降低。

副推力瓦与推力盘的脱离是暂时的,在向后的

轴向力作用下,转子又向后移动,二者又回到摩擦状态,损伤进一步加剧,转子继续后移,回油温度又开始升高,由此导致振动和回油温度波动现象再次发生。

每发生一次叶片碰磨,叶片顶部都会发生卷边、被抹掉一部分以及发生叶片弯曲而变短。随叶片变短加剧,转子的后移量就会增大,副推力瓦的损伤逐步加剧,回油温度逐步升高。

3.3 静叶片碰擦

动叶片与气缸发生碰擦导致振动增大的同时,静叶与转子也发生了碰擦。

静叶片是扭转叶片,与转子发生碰磨时,叶顶扭转角减小,叶顶的轴向投影长度增大。随副推力瓦磨损加剧,转子后移量增大,静叶片叶顶与动叶叶根的轴向间隙消失,静叶片的进气侧顶部与动叶的出气侧根部发生碰磨,导致动叶的出气侧根部出现缺口及静叶进气侧顶部出现掉块。

动叶片也是扭转叶片,但是在发生碰磨时,动叶片叶顶的扭转角会增大,轴向投影长度减小,动叶叶顶与静叶叶根的轴向间隙还没有达到消失的程度,故静叶叶根没有出现碰磨现象。

压气机的后气缸和排气缸是等内径结构。整个过程中的振动值并不是很大,转子窜动过程中第5级以后的叶片未发生叶尖碰磨现象。

3.4 密封齿磨损

副推力瓦烧毁后,燃气轮机转子向后位移量过大,造成透平及压气机排气内缸的密封齿磨损。

3.5 1#径向轴承磨损

转子副推力盘与副推力瓦持续磨损,温升过高,热量传递至1#径向轴瓦,致使1#径向轴瓦巴氏合金高温融化,露出轴瓦基体,轴颈表面出现划痕。

1#径向瓦烧毁后,转子下沉,造成轴承油封齿磨损及压气机1级静叶最底部的2片叶片严重弯曲。

3.6 紧急停机过程

机组紧急停机后的瞬间,燃烧室熄火,压气机向后的轴向力突增,副推力瓦与副推力盘磨损加剧,回油温度继续升高到最高值。此时,转子向后窜动量增大,叶片摩擦加剧,振动值突升,出现明显的峰值。

3.7 运行监测单一

本台机组机型较老,只是靠安装在回油管线上的轴承回油温度热电偶来间接监测径向轴瓦及推力轴承的工作温度情况,没有瓦温、轴向位移、轴振等监视及保护措施。在机组启停、运行过程中密切监

视运行参数及相关曲线变化趋势尤为重要。

从开机曲线看,机组进入全速空载后,轴承振动值波动、转速波动、1#轴承回油温度曲线凹点及波动已经出现,异常声音出现等,说明这时碰磨和轴窜故障已经发生了,后期则是一个渐进的发展过程。如果及时采取停机措施,可能只是副推力瓦损伤,其它部件的损伤可以避免。

故障出现后未及时停机处理,而是想等机组温度上来后再视情况判断是否需要停机,因采取措施不及时,导致了燃气轮机部件损伤的加剧及事故扩大。

3.8 整个故障发生发展过程

整个事故的发展过程概括为:启动前,施工工艺不当导致副推力瓦疑似存在损伤,启动后副推力瓦由于局部过热而烧瓦并导致副推力瓦基体与副推力盘磨损;副推力瓦及副推力盘磨损后转子后窜,动静部件发生碰磨及损伤;副推力瓦与副推力盘摩擦热量通过轴颈传递给1#径向瓦,1#径向瓦因温度高而烧瓦并导致轴颈发生磨损;1#径向瓦烧瓦及轴颈磨损后转子下沉,导致压气机叶片进一步碰磨,动叶刮缸、弯曲等事故。

4 结语

本次燃气轮机检修后开机过程中部件损坏是由于副推力瓦有损伤所致。检修中施工工艺不当所导致的乌金损伤是造成其烧毁的直接原因,未根据开机曲线上反映出来的振动、转速和回油温度波动及上升现象及时采取停机措施,是造成事故扩大的次要原因。因此,提高检修后燃气轮机开车过程中对运行参数趋势变化的监视和准确判断运行状况水平是对老旧燃气轮机可靠运行的必要手段,具有十分重要的实际意义。

参考文献:

- [1] 倪定. 转动设备轴承金属温度异常的诊断[J]. 热力透平, 2008, 37(4): 271-274.
- [2] 刘显惠, 范华. 汽轮机轴承烧瓦与轴颈的渗巴氏合金现象[J]. 东方电气评论, 2003, 17(2): 57-62.
- [3] 尹延国, 焦明华. 滑动轴承材料的研究进展[J]. 润滑与密封, 2006, 177(5): 183-187.
- [4] 潘世汉, 卢建中. 密切尔推力轴承故障原因分析与处理[J]. 浙江电力, 2010, 20(2): 37-39.
- [5] 潘世汉. N135 MW 汽轮机轴承温度异常分析与预防措施[J]. 上海电力学院学报, 2006, 22(1): 9-12.

(下转第54页)