

9F.03 燃气轮机排气系统问题分析及其处理

张 龚

(福建晋江天然气发电有限公司,福建 晋江 362251)

摘 要:本文介绍了9F.03型燃气轮机排气系统出现排气扩压器外保温层脱落、非金属膨胀节破损和法兰连接螺栓断裂问题,通过对机组运行特点及设备结构分析找到了故障原因,并对扩压器外保温层、非金属膨胀节改造,同时更换材质合格的法兰连接螺栓,取得良好效果,提高了机组的安全性。

关 键 词:9F.03 燃气轮机;保温脱落;非金属膨胀节;破损;改造;螺栓断裂

中图分类号:TK478

文献标志码:B

文章编号:1009-2889(2018)02-0060-04

福建晋江天然气发电有限公司4台F级燃气-蒸汽联合循环发电机组,属于GE STAG 109FA SS(S109FA)系列,分别于2009年、2010年相继投产。机岛设备采用GE公司的9F.03型燃气轮机、D10型蒸汽轮机和390H型发电机,单轴室内布置。全厂机组在电网中承担深度调峰与浅度调峰相结合的调峰任务,每台机组都要昼开夜停,相对频繁。因此,燃气轮机排气系统某些部件也出现不同程度的亟需解决的问题。

1 9F.03 型燃气轮机排气系统简介

9F.03型燃气轮机排气系统由排气扩压器、非金属膨胀节和罩壳等组成。尾气进入排气扩压器,在那里一部分动能转换为燃气轮机静压能的一部分,扩容升压并导流为一定规律的紊流气体然后沿轴向进入锅炉入口烟道。排气过渡段出口处设置一非金属膨胀节与余热锅炉进口烟道相连,如图1所示。排气扩压器有前、中、后三部分组成,前、中部分保温为外保温结构,后部分为内保温结构。

2 排气扩压器外保温层下坠处理

2.1 故障现象

2015年晋江燃气电厂4台机组陆续出现燃气轮机排气扩压器(以下简称扩压器)外保温层脱落下坠问题。2016年此问题开始越来越突出,3号机

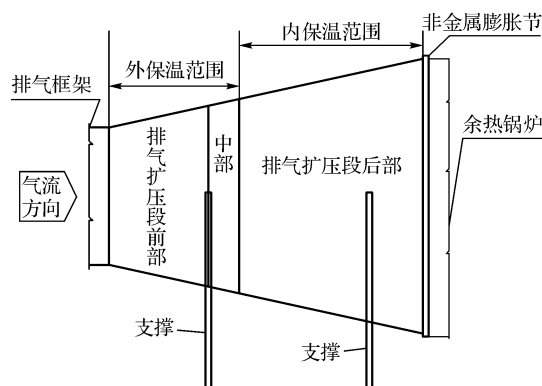


图1 排气扩压器系统

组扩压器外保温层脱落下坠问题尤其严重,底部硅酸铝保温棉(以下简称保温棉)下坠严重时能看到暴露的扩压器外缸。机组运行时现场测量扩压器外保温层最高温度接近 300°C ,由此造成相当部分的热损失。同时当扩压器热电偶附近保温层下坠松脱时,热电偶周围温度最高能达到 280°C ,造成部分排气热电偶接线出现不同程度的烧损现象,详见图2。对应热电偶出现数值波动或是显示故障,容易触发燃气轮机分散度异常保护动作,严重影响机组安全运行。同时所用排气热电偶为进口部件,价格昂贵,排气热电偶损坏量大,势必增加了电厂运营成本。

2.2 原因分析

针对扩压器外保温层下坠松脱问题,机务技术

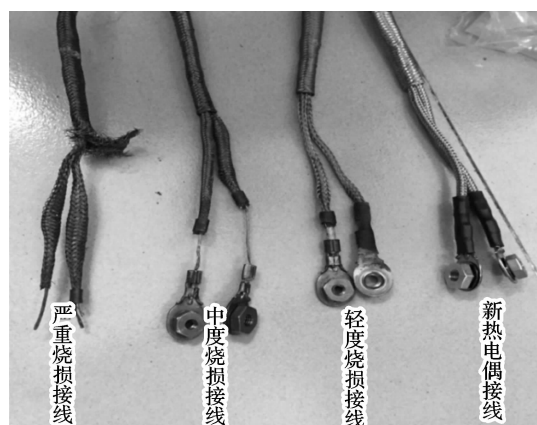


图2 不同烧损程度的排气热电偶接线

人员查阅图纸和资料了解到 GE 公司原设计为:先在扩压器外缸上按一定距离焊接直径 $D=12.7$ mm、长度为 114.3 mm 的不锈钢保温钉,然后铺设第一层厚度为 50.8 mm 的保温棉在缸体保温钉上,自锁垫片固定。在第二层保温安装后压上不锈钢长压板,同样用自锁垫片固定。在不锈钢长压板上打孔安装直径 $D=3.43$ mm 保温探针,在保温探针上包裹第三层保温棉。最后安装长短压板,用自锁垫片固定。由此可知保温棉下坠脱落可能存在如下原因:机组日夜启停或长时间停留在高振动工况下导致扩压器长期频繁振动造成外缸上保温钉断裂、保温探针和保温棉脱落,同时不锈钢长压板松脱也将造成保温层脱落。

2.3 处理措施

电厂机务技术人员根据调峰机组运行特性,制定了排气扩压器外保温层改造方案。具体实施步骤如下:(1)首先把保温钉由原来的直径 $D=12.7$ mm、长度为 114.3 mm 改为直径 $D=12$ mm、长度为 160 mm、尾部牙长 30 mm。这样三层保温棉固定方式由原来压板垫片固定改为压板和螺栓共同固定。(2)当安装保温棉时,所有的保温钉根部必须焊接牢固,被装上去的保温棉不能因为机组运行中热膨胀而产生移位,露出空隙。铺设前两层保温棉过程中,用不锈钢铁丝交错固定保温棉。铺设第三层保温棉后用长短压板固定,最后用螺帽拧紧。排气扩压器水平中分面及以下保温钉螺帽点焊固定。2016 年 10 月 3 号机组临修期间对扩压器外保温层进行整体改造更换。当把旧保温棉全部移除后发现扩压器外缸部分保温钉脱落,同时保温钉安装密度没有达到设计要求,由此推断 F 级燃气轮机在国内投运时间不长,对扩压器外保温的安装没有引起足够重

视。3 号机组经过本次保温层的改造后机组运行期间排气扩压器外保温层测温为 70°C 以下,排气热电偶附近 100°C 左右,达到了长期稳定运行的预期效果。



图3 改造后的排气扩压器外保温结构

3 非金属膨胀节破损处理

3.1 故障现象

2016 年 11 月 15 日,3 号机组运行中现场测温发现燃气轮机扩压器出口非金属膨胀节顶部外表蒙皮处温度最高达 400°C ,且能听到燃气轮机扩压器非金属膨胀节顶部有漏气声音。17 日夜间停机后拆除顶部部分外表蒙皮检查发现非金属膨胀节已破损,内护板没有脱落。夜间更换破损的保温,外层用耐高温防火布固定。第二天 3 号机组运行期间燃气轮机扩压器出口顶部破损的非金属膨胀节温度仍高达 400°C 。

2016 年 11 月 24 日,3 号机组停运具备检修条件后,机务人员进入锅炉入口烟道内检查,发现燃气轮机扩压器出口非金属膨胀节内护板存在变形现象,护板内保温棉有外露且存在部分顶部内护板脱落及固定螺栓缺失现象。拆除顶部内护板及旧保温棉后发现多处固定保温棉的螺钉筋板脱落。随后重新安装缺失的筋板及保温螺钉,更换新的保温棉,最后回装内护板和压板。2016 年 12 月 8 日 3 号机组非金属膨胀节处理后机组运行时扩压器与余热锅炉连接处非金属膨胀节顶部最高温为 309°C ,取得一定效果但仍然存在超温的现象。

3.2 原因分析

通过查阅资料及图纸了解到,燃气轮机与锅炉连接处结构由内护板及压板、筋板及保温螺钉、保温材料、非金属膨胀节、外部蒙皮组成,见图 4。由于燃气轮机运行和停运工况不同,非金属膨胀节在设

计上允许有一定的压缩和延伸量。燃气轮机扩压器内部膨胀和收缩靠内护板的活动,因此内护板之间没有固定,而是靠保温螺钉连接在一起。内护板上压板、垫片、保温螺钉要求锁紧无间隙,最后螺帽点焊。机组在运行几年后内护板会出现变形,内护板间产生间隙,就会有保温棉冲刷流失使保温效果减弱。机组日夜启停非金属膨胀节和保温内护板会反复膨胀和收缩,固定在扩压器上的筋板及保温螺钉长期受到内护板左右运动影响,最终造成筋板及保温螺钉脱落,导致内护板压板脱落。高温烟气沿内护板保温钉孔进入内部。在长时间的高温运行后保温棉的弹性会减弱,与内护板间的压力会减弱甚至消失,最终产生一些不规则的间隙直接产生漏热。长此以往高温烟气直接对非金属膨胀节进行冲刷,非金属膨胀节使用寿命缩短,造成非金属膨胀节老化、破损,最终导致烟气泄漏。

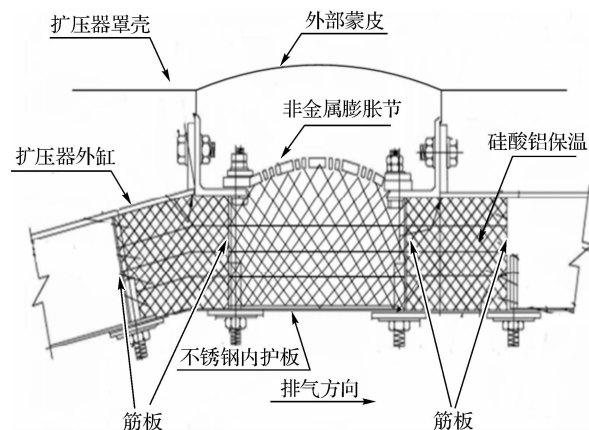


图4 排气扩压段与余热锅炉连接处结构

3.3 处理措施

综合上述原因分析,同时了解到同类型燃气电厂也存在同样的问题。电厂技术人员决定对3号机组非金属膨胀节进行技术改造,主要内容如下:(1) 割断非金属膨胀节对应的两排筋板,将原来三道保温安装槽改成整体式保温,达到更好的保温效果。在燃气轮机排气扩压器烟道内保温厚度为150 mm,采用三层50 mm加一层20 mm共170 mm的保温棉层厚度压缩到150 mm。保温棉的整体结构采用逐层错位方式,每层每条保温棉的错口都将错开,此方式可以减少保温棉的位移和流失,有效地起到延长保温寿命和增强保温的效果。(2) 在安装内护板前,再铺设一层不锈钢丝网,已形成完整的隔热层,同时加强保护其它隔热材料,增强隔热系统的可靠性和耐久性。(3) 内护板保温钉由原来直径 $D =$

20 mm改为直径 $D = 18$ mm、长度200 mm的不锈钢L形保温钉,直接焊接在扩压器内筒上且根部四周全部焊接。中间两排加装保温定位锁片和螺母,将定位螺母调整到同一高度,并点焊定位螺母。

2017年4月,3号机组临修时按照预先准备好的改造方案对燃气轮机扩压器出口非金属膨胀节进行整体更换及改造工作,同时更换变形的内护板。检修工作结束后机组运行期间燃气轮机扩压器出口非金属膨胀节外部蒙皮处温度最高为47℃,达到预期效果。

4 扩压器法兰螺栓断裂处理

4.1 故障现象

2016年10月3号机组排气系统检修过程中发现前部与中部扩压器法兰连接螺栓大部分出现断裂、垫片脆化变形,左右两侧弹性支撑、底部纵销键固定螺栓部分出现断裂,法兰结合面出现错位开口现象。

4.2 原因分析

排气扩压器中部分别与前、后部分法兰通过螺栓连接。前部与中部扩压器法兰的底部纵销键、水平中分面两侧的弹性支撑沿法兰面分别都安装5根高强度螺栓固定且共同支撑中部扩压器,同时前部和中部法兰沿圆周方向均匀布置49根高强度螺栓和98片耐高温垫片固定,该螺栓材质为美标A453 GRADE 660 CLASS B (06Cr15Ni25Ti2MoALVB),垫片材质为GE B14H89 (Inconel 718),两者可以在648℃环境下正常使用,全部螺栓均由自锁螺母锁紧以防止松动。通过检查发现大部分螺栓断裂部分位于螺栓根部,而未断裂的螺栓因为垫片脆化变形能左右活动没有真正起到紧固作用,因此垫片可能存在质量问题。当法兰结合面出现错位开口时将导致扩压器内部的高温烟气泄漏。

垫片长期在高温下运行发生脆化变形后,此时的高强度螺栓没有起到连接承载和紧固作用,法兰结合面开始出现间隙造成高温烟气泄漏出来,导致附近螺栓长期处在接近于螺栓使用的上限值的高温环境下。同时机组日夜频繁启停,排气扩压器反复膨胀和收缩运动,特别是机组出现非正常运行时长时间停留在高振动、燃烧脉动高的工况。螺栓在长期的交变应力载荷影响下,当第1根螺栓断裂后,附近及对应的螺栓陆续拉断。当断裂螺栓达到一定数量时前后法兰将出现错位和开口,左右两侧弹性支

撑、底部纵销键固定螺栓因此也受到影响,部分出现断裂情况。

4.3 处理措施

3 号机组排气系统检修期间更换前部与中部扩压器法兰全部紧固螺栓和垫片,安装前使用光谱仪检测螺栓和垫片的材质元素成分和比例,与标准进行比对,不合格的严禁使用。参考 GE 技术文件 248A4158,前部与中部法兰螺栓上紧力矩为 151 ~ 158 N · m,严格按照此力矩紧固。以后小修及以上级别检修时检查该部分螺栓和垫片,若发现问题及时更换备品。另外 3 台机组排气系统检修时也发现同样问题,全部更换合格的新螺栓和垫片。

5 结语

燃气轮机排气系统对于机组安全经济运行十分重要。晋江燃气电厂通过对 3 号机组排气扩压器外保温层、非金属膨胀节、连接螺栓出现的问题进行分

析并实施技术改造,很好地解决了排气扩压器保温层下坠漏热导致热电偶故障和非金属膨胀节超温问题,同时也将排气扩压器外保温层改造成功推广到另外 3 台机组,都取得了很好的效果。这些经验可供同类型机组借鉴和参考。

参考文献:

[1] 郑海英,丁佳荣. 燃气轮机排气扩压器的设计特点[J], 锅炉技术,2010,41(2):10-12.

[2] 暨德璘. 9F 级燃气轮机排气扩散段出口非金属膨胀节问题的分析与改造[J], 燃气轮机技术,2014,27(4):65-68.

[3] 焦树建. 燃气轮机与燃气-蒸汽联合循环装置[M]. 北京:中国电力出版社,2007.

[4] 姜焕农. 9FA 型燃气轮机机组安装经验浅谈[J]. 燃气轮机发电技术,2006(3/4):98-101,111.

[5] GE 公司. Inspection and Maintenance Manual For Fujian Jinjiang Project[Z]. 2008.

Analysis and Handling of 9F.03 Gas Turbine Exhaust System

ZHANG Gong

(Jinjiang Natural Gas Power Generation Co. , Ltd. , Fujian Jinjiang 362251 , China)

Abstract: Exhaust system of the gas turbine whose having the external insulation of the exhaust diffuser falling off, the damage of the non-metallic expansion joint and flange bolt fracture problem were introduced. By analyzing the operation characteristics of the unit and the structure of the equipment,the cause of failure was found out , and the diffuser outer insulation layer and non-metallic expansion joint were remolded, at the same time material qualified flange bolts were replaced. It achieved good effect, which improved the security of the unit.

Key words:9F.03 gas turbine; insulation drop; non-metal expansion joint; damage; transformation; bolt fracture