

燃气轮机排气扩散段超温治理实施

刘金良

(北京京桥热电有限责任公司, 北京 100067)

摘要: 对西门子 SGT5-4000F(4)型燃气轮机排气扩散段的功能和结构进行了简要介绍,重点介绍了燃气轮机排气扩散段超温治理实施方案及效果。通过优化燃气轮机排气扩散段保温固定结构、增加耐高温隔热保温涂层等措施,成功将排气扩散段外表面温度控制在环境温度 + 25 ℃ 合格标准以下。该方案是一次扩散段超温治理的全新探索,所采取的措施也是在同型燃气轮机机组上的创新应用,具有较高的推广价值。

关键词: 排气扩散段;超温治理;燃气轮机

中图分类号:TK478

文献标志码:B

文章编号:1009-2889(2022)01-0066-04

燃气轮机排气扩散段是连接燃气轮机和余热锅炉本体的一个重要结构^[1],燃气轮机排放的高温烟气通过排气扩散段扩容减压后进入余热锅炉^[2]。燃气轮机的排气扩散段由于通流面积小、烟气流速高,其运行工况极其恶劣,各燃气轮机电厂普遍存在排气扩散段外表面超温问题。本文介绍了一种全新的燃气轮机排气扩散段超温治理方案,该方案较好地解决了排气扩散段超温问题。

1 排气扩散段结构特点

西门子 SGT5-4000F(4)型燃气轮机排气扩散段由固定支座、滑动支座、扩散段本体、金属膨胀节、金属膨胀节过渡段、非金属膨胀节、保温层、内护板等组成。由于燃气轮机排气扩散段体积庞大,为了制造、安装、运输方便,将排气扩散段本体沿圆周方向分8片制作,现场将8片组装为一个整体^[3]。

燃气轮机排气扩散段为圆锥形水平布置管段状结构,其中扩散段本体总长 12 048 mm,大径 $\Phi 6\ 926$ mm,小径 $\Phi 4\ 832$ mm,内部贴壁面布置有 200 mm 厚的硅酸铝纤维毡为保温层,保温层由 3 mm 厚的耐热不锈钢板固定,不锈钢板逐层搭接覆盖,并作为排气扩散段烟气侧的工作面,外护板用碳钢制作,其典型结构如图 1 所示。流体介质设计温度为 620 ℃ 左右,压力为 -2 500 ~ 5 400 Pa。

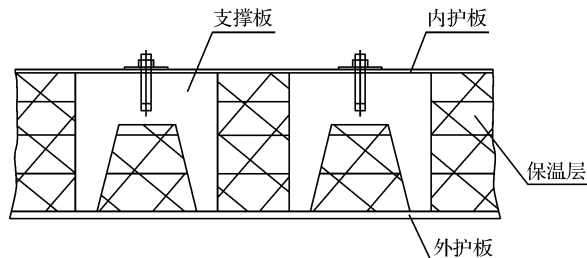


图1 原排气扩散段保温结构

2 排气扩散段超温原因分析

2.1 内护板搭接不规范

内护板沿气流方向层层搭接,这种设计可以延长内护板使用寿命,防止烟气进入保温层吹损保温。如果内护板搭接宽度不足够大,高速流动烟气从内护板接缝进入保温层,形成对流传热,减弱保温层保温效果。

2.2 内护板固定螺栓安装不规范

内护板应用不锈钢螺栓和压片固定牢固,但是紧固力矩不应超过 54 N·m,调整好螺栓紧力后必须将螺母点焊固定。如果紧固力矩太大,高温工况下扩散段各部件膨胀不畅,造成内护板变形、脱落、保温损坏。

2.3 保温棉敷设不规范

排气扩散段保温棉敷设时必须按照保温技术要求,层间必须错缝搭接压实,避免由于保温棉敷设不

实原因造成烟气在保温层中流动将保温层吹损。

2.4 保温结构存在热桥

排气扩散段保温支撑板与外护板相连,烟气温度沿保温支撑板传导到外护板,保温支撑板形成了扩散段内外连接的热桥,造成外护板局部超温。

2.5 保温固定板结构不合理

保温棉无法整体敷设,因保温固定板尺寸较大,不可避免地造成保温棉切口大,敷设难度大。保温棉间易形成贯通性接缝,造成高温烟气窜入保温结构内形成对流。

3 我公司燃气轮机排气扩散段现状

我公司燃气轮机于2013年完成168 h试运行并投入生产。机组经过长时间的运行后,燃气轮机排气扩散段表面存在局部超温现象。#1燃气轮机排气扩散段局部温度在 $100\sim 170\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高点(金属补偿器区域)为 $270\text{ }^{\circ}\text{C}$;#2燃气轮机排气扩散段超温处温度在 $92\sim 140\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高点(金属补偿器区域)为 $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。机组自投运以来多次进行两台燃气轮机排气扩散段的局部超温治理,经过治理后短期内超温情况得到改善,但仍无法彻底解决超温问题,亟须通过全面治理来彻底解决扩散段的超温问题。

4 燃气轮机排气扩散段超温治理措施

4.1 更换内部保温棉

扩散段内保温部件较多,为保证设备有序拆装,在拆卸前对内护板、导流槽钢编号和标记方向,绘制燃气轮机排气扩散段保温结构图。做足准备后将内护板固定螺栓破坏性拆除,压板、导流槽钢、内护板保护性拆除并妥善存放。

内护板拆卸后,对旧保温棉进行了全面检查(见图2)。扩散段原装保温棉为岩棉,其导热系数相比硅酸铝保温棉稍高,绝热性能差。本次改造将排气扩散段整体保温棉更换为导热系数更低、耐热温度更高的容重 128 kg/m^3 以上的硅酸铝保温棉(见图3),同时为保证保温棉的机械性能、耐久性能,选用了加热永久线变化更低、抗拉强度更高的国产优质硅酸铝保温棉。

4.2 增加耐高温隔热保温涂层

因为燃气轮机排气扩散段通流尺寸有限,不能采取增加保温棉厚度的方案来提高其整体保温的绝热性能。本次改造在扩散段外护板内侧涂刷了厚度为2 mm的耐高温隔热保温涂料(见图4),增加的



图2 改造前扩散段保温层



图3 改造后扩散段保温层

2 mm保温涂层相当于又增加了厚度为50 mm的硅酸铝保温棉,进一步提高扩散段保温的绝热性能。该型涂料在 $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温测试下其导热系数仅为 $0.033\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{k})$,其粘结强度(附着力)及抗拉强度(高温后)达到8 MPa。在保证绝热性能的前提下,其机械性能也能完全满足扩散段的正常运行。



图4 改造后保温涂层

4.3 优化保温固定结构

原扩散段保温层是由支撑板及内护板进行固定、限位,支撑板结构较大,不利于保温层的敷设。由拆解图片可以看到保温层被支撑板分割成一个个小块(见图5),彼此间无错层、搭接密封,高温烟气顺着保温层之间的间隙形成对流,降低了扩散段的整体绝热性能,同时增大了保温棉吹损的风险。

本次改造将原保温支撑板全部切除,统一更换为缩小版的保温支撑板(见图6),该支撑板材质选用耐热性能良好的321不锈钢,保证受热后支撑板



图 5 改造前扩散段保温敷设

强度不减。该支撑板较原支撑板承托面积减少,但仍可以大面积承托 2 层保温棉,保证保温棉的承托性能不减。同时优化了保温层的敷设条件,保温支撑板更换后更便于保温层的敷设,可以满足各层保温棉错层、搭接敷设(见图 7),提高了保温层的密实程度,避免了烟气对流的形成。



图 6 改造后保温支撑板

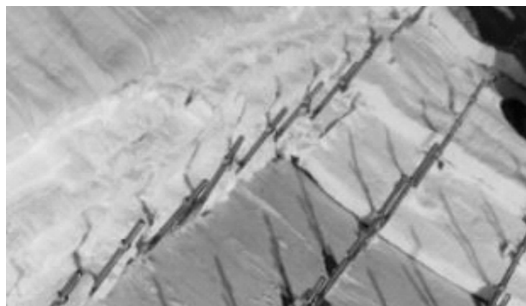


图 7 改造后保温敷设结构

4.4 增加保温层防护结构

本次改造在保温层外层增加了一层陶瓷纤维布及钢丝网防护(见图 8),以减少高温烟气对保温层的冲刷,避免硅酸铝保温棉的吹损,增强扩散段保温的耐久性,同时可以减少保温棉对脱硝催化剂的污堵情况。

4.5 增加内护板内侧压板

原扩散段内护板固定螺栓孔处的压板仅安装在内护板外侧,当压板因膨胀、开焊等原因脱落后,高温烟气直接窜入保温层,将保温棉吹出,造成扩散段局部超温。本次改造在内护板固定螺栓孔内外侧均

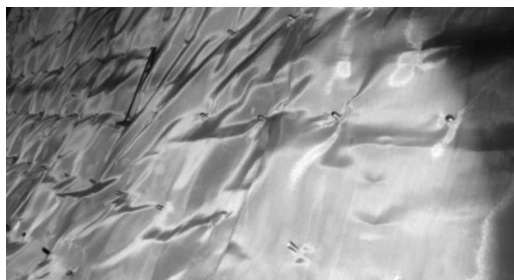


图 8 改造后保温层防护结构

安装一块压板(见图 9),增加了内护板的完整性,可以极大的减少保温棉的吹损。



图 9 改造后内护板内侧压板

5 改造效果

改造后,在环境温度 38℃、机组负荷 180 MW、烟气温度 600℃时对两台燃气轮机排气扩散段外部温度进行了红外热成像测量(见图 10),从热成像图片上可见两台燃气轮机排气扩散段各部位温度分布均匀,无明显高点,且均能满足《电业安全工作规程(热力和机械部分)》规定的保温表面温度不高于环境温度 + 25℃的要求,扩散段超温情况得到了极大改善。

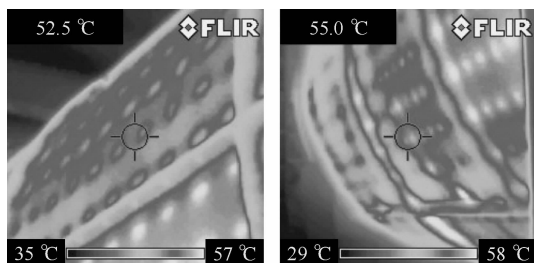


图 10 改造后扩散段外部热成像图

6 避免超温的控制措施

6.1 定期测温检查

机组运行期间定期检查排气扩散段本体外表面温度,建立检查记录档案。发现表面温度异常升高或颜色发生改变时及时制定停机检查计划。重点检

查热控测点、金属膨胀节过渡区域、非金属膨胀节、本体拼接缝等区域。

6.2 定期排查工作环境

定期检查排气扩散段本体至非金属膨胀节过渡区域是否存放杂物,发现杂物立即清除。非金属膨胀节区域禁止存放任何东西,以免影响散热和发生机械损伤。

6.3 规范进行燃气轮机水洗

燃气轮机水洗时必须打开排气扩散段疏水阀,避免保温层进水影响保温效果。

6.4 定期进行设备检查、维护

计划性检修燃气轮机排气扩散段内部,重点检查以下内容:

- (1) 保温支撑板、内护板压板是否松动脱落,发现内部缺陷及时处理。
- (2) 过渡段的覆层板由若干段拼接而成,目测焊缝区域是否存在裂纹。

- (3) 检查排气扩散段疏水口是否畅通,如有堵塞应及时疏通。

7 结论

燃气轮机排气扩散段超温问题在同类型燃气轮机电厂普遍存在,近年来各主机厂、电厂、检修公司一直在探索解决扩散段超温的方案。本次我公司燃气轮机排气扩散段保温治理改造通过对保温材料的更换、保温结构的优化等措施,较好地解决了燃气轮机排气扩散段超温问题,具有较高的推广价值。

参考文献:

[1] 焦树建. 燃气轮机与燃气-蒸汽联合循环装置上册[M]. 北京:中国电力出版社,2007:83-91.

[2] 杨顺虎. 燃气-蒸汽联合循环发电设备运行[M]. 北京:中国电力出版社,2003:12-34.

[3] 马永. 燃气轮机排气扩散段制作工艺技术[J]. 机械工程师, 2019(06):145-146,151.

Implementation of Overtemperature Rectification
for Exhaust Diffuser of Gas Turbine

Liu Jinliang

(Beijing Jingqiao Thermal Power Co., Ltd., Beijing 100067, China)

Abstract: The function and structure of the exhaust diffuser of Siemens SGT5-4000F (4) gas turbine are briefly introduced, with emphasis on the implementation scheme and effect of overtemperature rectification of the exhaust diffuser of gas turbine. By optimizing the heat preservation fixed structure of the exhaust diffuser of gas turbine and adding heat insulation coating with high temperature resistance, the outer surface temperature of the exhaust diffuser is successfully controlled below the ambient temperature of + 25 ℃. This scheme is a new exploration for the treatment of the over temperature in the diffusion section, and the measures adopted are also the first application in the same type of gas turbine unit, which has a high promotion value.

Keywords: exhaust diffuser; overtemperature rectification; gas turbine