

某型船用燃气轮机燃烧室的冷却结构改进

唐乾惕(哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔摘要〕 联焰管下游区是火焰筒易发故障区。文中述说了试车后的故障情况。为解除故障,对火焰筒进行了局部冷却结构的改进设计。文中并给出了测试数据。

关键词 燃气轮机 燃烧室 冷却 改进 设计

一、前言

该发动机燃烧室经长期单机及双机并车试车后,对机组的高温部件进行了拆检。拆检表明,两台发动机的火焰筒都程度不同地在联焰管及联焰管下游区产生了故障。经有关设计所及使用部门讨论决定,在正式装船前,必须对火焰筒进行改进,并经150小时持久试车考核验收。

二、火焰筒故障情况

该机火焰筒故障见示意图1。具体故障为:

1. 联焰管下游第一段气膜唇边翘曲,裂纹及烧蚀。局部地区冷却间隙消失。
2. 联焰管下游的第二段筒体产生鼓包、裂纹及金属过热。
3. 联焰管端面局部烧蚀
4. 联焰管尾缘氩弧焊焊缝产生裂纹。

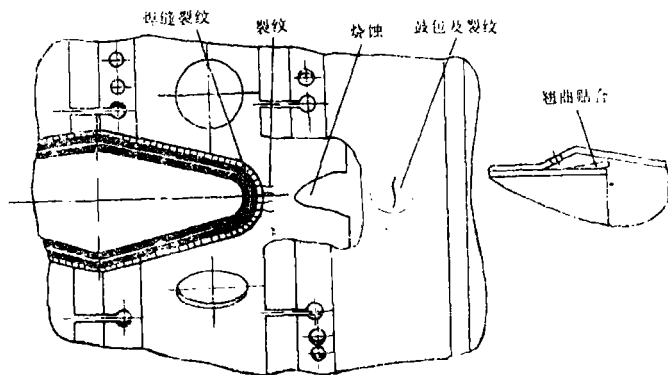


图1 火焰筒故障分布图

上述故障中,右机火焰筒要比左机严重。鼓包变形尺寸为 $\phi 30 \times 3$ (高),个别鼓包上还伴有横向裂纹。火焰筒第一段筒体末

端局部烧蚀为 $10 \times 20 \text{ mm}^2$ 。这些故障的发生有运行操作问题,但也确实暴露了火焰筒冷却结构设计上不足之处。

收稿日期:1989-07-31

该型燃烧室为环管型,它不可避免地设有联焰管。在冷却计算及结构设计时按常规进行。在单管燃烧室壁温性能调试时,因试验件没有设置联焰管,当然就不会出现由它而引起的高温区。在试车中因大部份试车时间在冬季进行,并且在高工况下运行的时数又少,所以也未暴露出什么问题,因此联焰管下游的冷却问题一直未引起注意,自然也不会在该区域采取任何局部强化冷却措施。现在回过头来分析,联焰管的存在对火焰筒冷却会产生下列不利情况:

1. 凡被联焰管通过处的冷却气膜的连续性遭到破坏。
2. 联焰管本身是一种钝体结构,故其下游必然会产生气流涡流,致使下游冷却气量减少。
3. 联焰管自身的冷却条件很差。

上述诸点便造成了联焰管和联焰管下游局部地区冷却不良,形成故障的根源。

表1^[1]为原结构火焰筒在整机试车时于稳态工况下测得的壁温。图2为其测点布置。

表1

测点	1	2	3	4	5
0.5	551	588	438	551	457
0.8	602	627	548	676	555
1.0	659	726	579	781	598

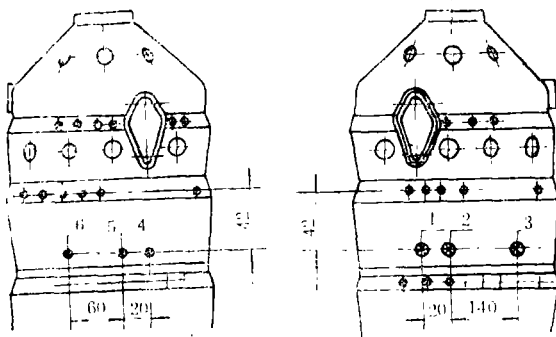


图2 原结构火焰筒壁温测点布置图

由表可知,当气膜间隙正常时,联焰管后的壁温并不很高,仅达781℃,而其它部位壁温不超过700℃。因此从总体冷却情况来看,壁温是正常的,火焰筒整个冷却结构,包括总的气膜冷却空气量,冷却段数均无须重新设计。

从故障火焰筒表明,筒体的联焰管后第一道气膜间隙是极不稳定的,长期在高工况下运行后该处气膜间隙就逐渐贴合消失,原来并不算很高的壁温就无法维持。

三、局部冷却结构的改进设计

由上可知,改进设计应具有针对性,为此:

1. 改变联焰管型线,联焰管自身应有冷却措施。
2. 强化故障区的冷却。
3. 防止气膜层边翘曲,气膜间隙阻塞。

具体改进措施是:

1. 原联焰管型线由菱形改为翼形
2. 在联焰管后大约30°的扇形区内第二段筒体的冷却孔改为直通槽。其目的一是加强对第一段筒体末端部位的外部对流冷却,其二是增加冷却进气面积。
3. 联焰管后第一段筒体距端边15mm处,局部增加8-φ2小孔。进入冷却槽的冷却空气有一部份首先进入该处小孔,以便在内壁扩散形成冷却气膜,来弥补因联焰管阻断气膜而致使该区域毫无冷却的状况。
4. 在第二段筒体鼓包变形区,增加三个鱼鳞型冷却槽,截面为3×15mm。为防止鱼鳞孔两侧易产生应力集中及发纹,在冲制前预钻了两个φ3孔。
5. 联焰管后第一道气膜处,增加四个球形压坑,以阻止气膜层边贴合。
6. 联焰管尾部和筒体间,开设2mm

弧形缝隙，用以松弛该部位因热膨胀所产生的应力。

四、壁温测定

7. 所有筒体前后端均开设补偿槽。
局部改进的冷却结构示于图3。

为确定改进后的冷却效果，对火焰筒壁温进行实况测定。测点布置示于图4。

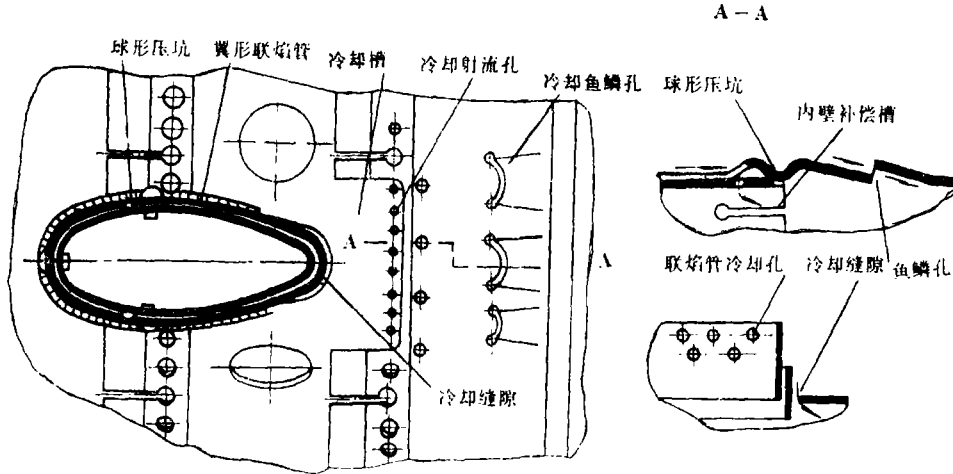


图3 局部冷却结构改进示意图

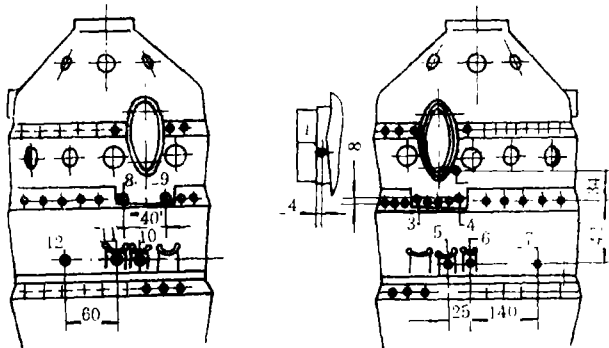


图4 改进火焰筒壁温测点布置图

各稳态下火焰筒的壁温值见表2 [2]。

表2

测点 工况	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	455	426	527	589	455	451	485	540	588	430	436	523
0.7	482	457	561	613	481	481	531	582	605	457	471	588
0.8	500	481	584	639	501	506	562	616	621	489	505	626
1.0	525	513	612	656	537	538	618	640	652	553	565	678

由于表1、表2所列壁温数据均为实测值,未经折算成标准大气条件下的壁温值,因此对比原型和改型两者之间的壁温数据具有一定的偏差。不过总的冷却效果趋势是明朗的,因为这次测定已接近夏季。

由两表对比可知,原高温故障区的壁温有较大的降低。产生鼓包变形的高温区壁温由原781℃降至565℃。原火焰筒壁温最高部位的第一段末端的壁温也仅达612~656℃。通常该区壁温可达900~1000℃以上。改进后的联焰管自身壁温仅为530℃。

上述测定结果表明,只要采用并不太复杂的局部冷却结构即可解决目前令国内外为之头疼的联焰管后高温故障区的问题。

五、持久试车的考核

经壁温测定后的燃烧室,立即投入了150小时持久试车考核。

试车在7月中旬至8月中旬的夏季高温天气下进行,因此对燃烧室的考核是严峻的。

试车的工况分配为^[3]:

1. 每100小时试车中各工况运行时间的比例为

工况	分配比例%	工作时间(h)
1.0	20	20
0.8	40	40
0.5	40	40

2. 试车阶段

以连续运行5小时为一个阶段。每个阶段下进行冷态起动,正常升速至暖机转速运行5分钟停车,然后间隔15分钟热态起动、升速并按下列规程运行:

- 0.5 工况运行1小时
- 0.8 工况运行2小时

1.0 工况运行1小时

0.5 工况运行1小时

停车及冷吹

由上述规程可知在150小时持久试车中,起动点火次数不少于30次,加速次数(慢车至0.5工况)也不低于30次。

150小时持久试车后,两台机进行了拆检。两台机的18只火焰筒经目测,金属表面颜色一致,壁面温度均匀。未发现鼓包、变形、裂纹及烧蚀等故障。上述拆检结果和前述壁温测定是相吻合的。也表明火焰筒局部冷却结构的改进是成功的。

六、结束语

通过我们的改进表明,分管或环管型燃烧室的联焰管下游区的冷却结构应予特别重视,火焰筒除总体冷却合理外,还应对联焰管后的冷却予以强化处理。这种强化处理的原则应是,保证冷却间隙在整个翻修期内不得消失,对局部高温区实施局部冷却(如打射流小孔,鱼鳞孔等),联焰管本身应有冷却措施。这样,联焰管易发故障区可以消除或减轻。

参考文献

- [1] 卢文麒. 某型燃气轮机火焰筒壁面温度测量. 哈尔滨第七〇三所研究报告,1979.3
- [2] 王淑霞,马少陆. 某型机火焰筒壁面温度测定. 哈尔滨第七〇三所研究报告,1984.9
- [3] 哈尔滨七〇三研究所驻上海工作组. 某型燃气轮机陆上单机耐久性试车大纲及拆检技术要求. 哈尔滨第七〇三研究所,1984年
- [4] 哈尔滨第七〇三研究所驻上海工作组. 某型燃气轮机陆上150小时可靠性补充试验拆检报告. 哈尔滨第七〇三所研究报告,1984年

An Improved Cooling Design for a Marine Gas Turbine Combustor

Tang Qianti

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

Abstract

The downstream zone of a cross-over tube pertains to the portion of a combustor liner, where various failures are prone to occur. This paper describes certain defects and troubles following a trial operation of the gas turbine. To cope with such problems, the author recommends an improved design for the combustor local cooling with measuring and test data being given in the paper.

Key words: gas turbine, combustor, cooling, improvement, design

新产品新技术信息

№R88—1 膜片联轴器 是一种性能优良的干式金属挠性联轴器。无需润滑, 无需维护, 拆装方便, 可在恶劣环境下长期使用。该产品获部级科技成果奖。几年来, 已在燃气轮机装置, 内河船舶轴系, 军用履带车辆、石油化工流程泵及各种机械设备中大量利用。运行良好, 安全可靠。服务方式: 提供系列产品; 为用户进行专门设计。欢迎来函索取样本。

№R88—6 余热锅炉设计 余热锅炉是回收余热系统的主要设备之一。在生产过程中排放的高温烟气经本设备进行热交换, 可产生250~400℃的过饱和和过热蒸汽。已为哈尔滨、吉林、吉林前郭、天津、沧州, 山东齐鲁、上海高桥等炼油厂和大连陶

瓷厂、河北易县水泥厂设计了多台余热锅炉。参数分别为588.4 kPa (6 kgf/cm²)、1274.8 kPa (13 kgf/cm²) 和3824.6 kPa (39 kgf/cm²); 产汽量为1~14 t/h。节煤5万多吨。减少污染, 改善环境。服务方式: 设计和咨询服务。

№R88—8 柱套浮子式疏水器 $\Delta P \leq 1.6$ MPa 最大排量 $G = 15$ t/h, 具有国外先进水平, 在性能上有突破。专利号: 85 20 3707, 专利转让及产品销售。(已授权)

№R88—9 JN-1A疏水器 疏水温度: 60~100℃, 规格: 1/2"、3/4"、1"(A)、1"(B)系列, 使用压差49~490 kPa。每只疏水器年节标煤10吨。产品销售,

(如需要以上技术请与编辑部联系)