

燃气轮机缸体中分面误差分析及解决方法

王 帅

(辽宁福鞍机械制造有限公司, 辽宁 鞍山 114000)

摘 要 随着我国经济、科技的快速发展,为优化燃气轮机实际应用过程中的中分面密封问题,提高产品质量,提升资源利用效率,需要在燃气轮机缸体中分面分析漏气所产生的原因,从源头上进行遏制,本文通过对燃气轮机缸体中分面加工方式方法进一步分析和研究,以期能够有效保证燃气轮机缸体中分面的技术水平达到要求,保证生产的正常进行,确保燃气轮机的安装质量,为类似产品的中分面加工提供有效参考依据,为企业发展带来更好的前景。

关键词 燃气轮机缸体 中分面 分面漏气

中图分类号: TU996

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)02-0055-03

1 前言

本文针对燃气轮机缸体进行漏气原因的分析,主要以某公司为例来进行中小型燃气轮机缸体中分面加工的分析 and 对策研究,该公司的工业燃气轮机是从俄罗斯引进燃气轮机技术团队,研发具有自主知识产权的中小型燃气轮机,型号为 LGT-010 采用离心式压气机,压气机的前轴连接同步发电机,回热器位于燃机出口扩散器之后。燃机排出的热燃气直接进入气体—气体换热器(回热器)与压气机出口空气进行能量交换,从热燃气中交换到空气中的能量随空气进入燃烧室参与到燃机的布雷顿循环中,最终提高燃机的效率。在回热器后,热燃气进入余热锅炉,产生蒸汽供给用户。在 ISO03977-2 条件下, LGT-010 的发电机组额定输出功率为 12000kw,燃气发生器转子额定转速为 6000rpm,排气流量为 50kg/s,回热器排气温度为 400℃。这样的燃气轮机缸体整体输出功率和额定工况是存在一定范围的,在长时间的使用下,如果超出范围或达到最大输出功率后会容易引发漏气问题,为相关设备的运行带来较大的安全隐患,对机组的热效率也产生了影响。因此,如何优化缸体中分面的密封尤为重要,中分面的密封状态优良能有效提高燃气轮机的输出功率,有利于机器的长期运转。^[1]

2 燃气轮机缸体中分面主要加工参数

本文分析的燃气轮机缸体最大高度为 920mm,最大宽度为 1400mm,中分面要求平面度为 0.03mm,表面粗糙度为 Ra1.6 μ m。合缸后,自由状态水平中分面间隙不大于 0.05mm,把紧 1/3 螺栓后,水平中分面间隙不大于 0.03mm。汽缸各内孔中心对汽缸水平中分面位置度不大于 0.20mm。水平中分面螺栓孔相对中分面

的垂直度为 0.05mm。燃气轮机缸体中分面状态如图 1。

3 燃气轮机缸体中分面漏气的原因分析

3.1 中分面行位精度及表面粗糙度未满足技术要求

燃气轮机缸体的加工工艺路线为: (1) 划线→(2) 整体粗加工→(3) 划线→(4) 镗序(中分面留 0.5mm 余量半精加工、把合孔、立车找正基准)→(5) 第一次上下半把合→(6) 立车半精加工→(7) 拆瓣→(8) 镗序(精加工中分面、精加工销孔)→(9) 第二次上下半把合→(10) 立车精加工→(11) 拆瓣→(12) 镗序(精加工剩余工序)→(13) 修整, 检验。

中分面采用 160 数控卧式镗铣床进行加工,加工过程中可能存在装夹原因导致的工件变形情况,加工时由于机床自身精度误差,刀具的磨损及工艺系统变形引起的误差等原因导致中分面加工后的平面度及表面粗糙度不满足工艺技术要求,导致中分面密封效果无法达到工艺技术要求。

3.2 紧固螺栓布置不合理

螺栓位置不合理、不恰当、不紧固会导致燃气轮机缸体发生中分面泄露现象,透平缸体与契合面维持垂直状态,同时,水平方向上各个螺栓孔也可能存在错位现象,间距偏大,无法准确咬合,均会导致燃气轮机缸体运行过程中中分面漏气。

3.3 紧固螺栓预紧力不足

燃气轮机漏气现象在紧固过程中由于操作位置设置不当、空间不足、转动幅度较小导致预紧力缺失,及时结合扳手和大锤敲紧、固定,也难以达到理想效果,会导致螺栓松动、变形。

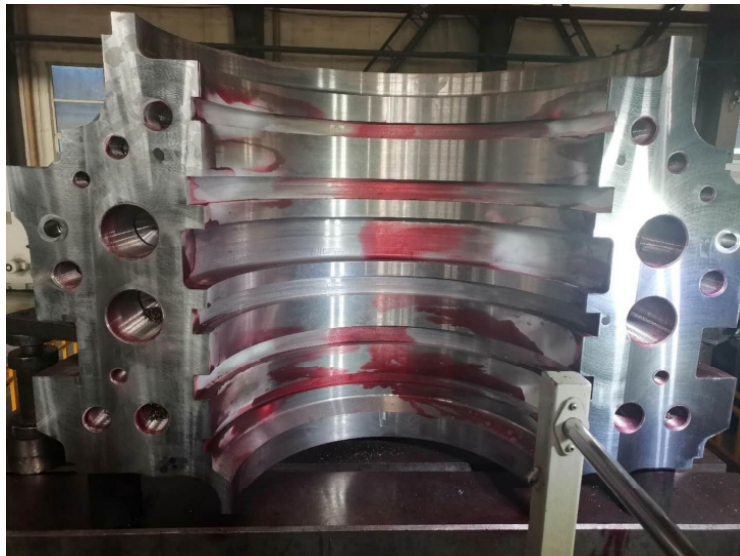


图1 燃气轮机缸体中分面状态图

3.4 燃气轮机缸体变形

燃气轮机缸体中分面漏气现象在壳体变形的情况下会形成一个底部完全无支撑作用的水平燃烧室，它的质量完全由压力缸所承担，此时重量还在不断累加，会导致整个压气机的排气缸受到过重压力而产生扭矩，扭矩最大点就是压气机排气缸的拐角处。在高强度压力的情况下进一步导致燃烧室内空气温度攀升，高温和外力的作用下引发壳体变形，为尽可能地修复壳体变形状况，明确壳体变形尺寸，需要用塞尺进行中分面内侧间隙的测量，将压气机、排气缸划分为有螺栓和没有螺栓的情况，如果最大间隙点能用0.1厚度的塞尺进行测量，那么此时排气测中最大间隙点就能够用0.05mm的塞尺进行15mm的测量。其次，需要利用红丹来查看上下缸体间的接触面积，设置定位，检查红丹分布情况，检查结果一般为红丹覆盖面积约30%左右。还可以采用中分面上压铅丝的方法来测量缸体变形率，在下半缸缸体上分别放置于螺栓孔内侧0.5mm的铅丝，并将上半缸与下半缸紧密扣合，拆分螺栓，调离缸体，查看铅丝厚度变形情况，测量结果与缸体变形情况相符。最后，可以采用百分表测量中分面跳动情况，缸体上会安装1500mm长的移动铣床，此时应以钢铁为变形区域作为参考基准找平移动铣床，并把百分表固定，测量漏气部分中分面的跳动情况，测量结果与数据测量表进行对比，可以发现螺栓的预紧力明显不足时会导致漏气现象在缸体中发生明显变形，同时上下缸之间存在一定的间隙，由于预紧力的差异对泄露风险存在较大的问题，需要从变形力、预紧力大小、温度变化这几方面

入手，充分分析缸体变形的原因，使用相对应的解决措施，延长设备使用寿命。

4 燃气轮机缸体中分面漏气的对策分析

1. 通过工艺手段确保中分面的行位精度及表面粗糙度。

(1) 对机床的几何精度进行检测，中分面加工所需的镗床主轴实际伸出长度在Y/Z平面内的几何误差直接影响中分面的平面度及表面粗糙度公差。主轴在X轴导轨上的移动误差直接影响中分面的平面度及表面粗糙度公差。需要对其进行检测调整，装夹工件前采用1000mm×1000mm的大理石检测机床的精度，要求Y/Z垂直1米长偏差小于等于0.03mm。X/Z的垂直1米长偏差小于等于0.03mm。Y/Z轴反向间隙小于等于0.01mm。

(2) 采用直径为250mm的可转位平面精铣刀对中分面进行加工。该刀具的特点为装夹修光刀精铣刀片，其独特的刀尖设计，刃口锋利，切削阻力小，有效减少刀具的振动。刀片表面经特殊处理，减小切削在前刀面上粘结的可能性，断屑性能优良。刀片重复定位精度高，可转位平面精铣刀与镗床主轴刀柄相配套，提高刀具的抗震性，进一步保证加工质量。

(3) 工艺系统受力变形引起的误差主要以刀具热变形产生一定的影响，通过机床安装切削冷却系统来降低刀具热变形产生的影响。

(4) 加工中分面时工件的装夹方式采用三点支持，下承上压的装夹方式。支撑垫铁的强度及装夹位置的选用，对中分面的加工会产生一定的应力变形影响。

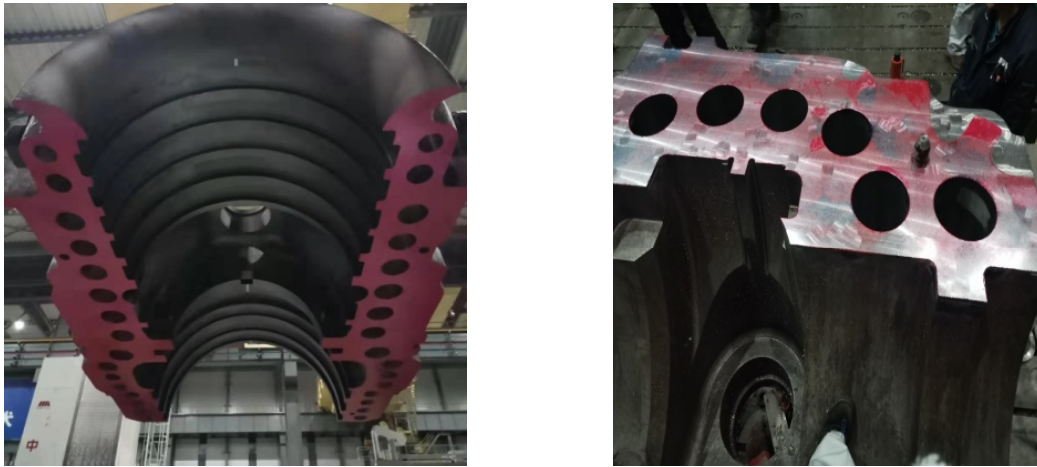


图2 燃气轮机缸体中分面红蓝实验

2. 燃气轮机上下半缸体进行合缸模拟试验。首先, 确认自由状态合缸情况下中分面间隙情况, 采用塞尺进行测量, 确认是否符合自由状态中分面间隙小于0.05mm。其次, 检测螺栓强力拉紧后的中分面接合情况。采用塞尺检查中分面间隙是否小于0.03mm。在此基础上, 增加中分面红蓝实验(图2), 将燃气轮机上下半缸体中分面分别均匀涂抹红色和蓝色试剂, 将上下半缸体通过螺栓把合紧固后, 燃气轮机上下半缸体中分面上的红色试剂和蓝色试剂会发生颜色反应, 拆瓣后通过观察燃气轮机中分面的颜色变化情况, 确认燃气轮机中分面把合状态时的中分面接触范围。根据上下半缸体紧固把合状态下中分面间隙的检测, 和中分面红蓝实验的结果, 确定中分面的平面度, 如中分面间隙超差, 且误差较小时, 可以通过手工研磨修复平面度, 如中分面间隙过大则需上机床返修。

3. 更换排气缸体。目前, 为提高燃气轮机缸体中分面泄露问题的解决效果, 咨询了设备原采购场地公司, 建议更换整个压气机排气缸体, 能够暂时解决泄露问题, 但无法从根本上消除, 还是会存在一定的安全隐患^[2]。

4. 带压堵漏。带压堵漏是目前处理缸体漏气问题的一种较为有效的方式, 在应用过程中主要根据缸体中分面泄露的大小来加工一条注胶槽, 并在注胶槽上钻注胶孔, 让注胶孔与注胶槽相连, 安装注胶阀, 能够通过注胶阀与注胶孔之间的密切结合, 致使上下缸之间的缝隙达到填满、密封的效果。如果在运行过程中出现泄露问题后再进行补胶, 这种方法能够有效避免中分面泄露问题所造成的影响和变形危害, 经过现场确认、带压堵漏的解决方式在实际运转过程中会影响缸体强度, 并且会由于空间不足而很难进行大面积

实施与操作, 使用范围较窄。

5. 中分面加密封条。燃气轮机缸体在落实中分面加密封条解决漏气问题的措施时, 需要将密封条完好地放置在密封槽内, 并且直径要比密封槽的深度大, 能够有效通过密封条的变形和压实作用来达到密封的效果, 同时每个密封条中还配有弹簧, 有效应对上下缸之间不同位置的压缩变形情况。根据实际变形情况进行契合, 抵抗变形的能力和密封效果都会更佳。密封条加固的原理和带压堵漏的原理一样, 都能够有效减少变形和预紧力不足所造成的危害, 不需要在缸体上进行钻孔, 整体实施和运用风险较低, 但加工密度较高, 需要测量上下缸体凹槽的宽度, 才能够选择合适的密封条深度, 实现更为紧密的契合作用, 但长时间应用的密封条会存在轻微未加工部位的漏气现象, 但这种现象的制约因素较小, 适用于长期应用。

5 总结

通过针对燃气轮机缸体中分面漏气问题原因和解决措施的分析, 能够有效根据上下缸体的不同异常情况, 采取合适的解决措施来提高燃气轮机缸体中分面的密封性能, 保证燃气轮机的安装质量, 延长设备的使用寿命, 为整体生产带来更好的社会效益和经济效益, 同时也为类似产品的中分面加工提供有效参考依据, 为企业发展带来更好的前景。

参考文献:

- [1] 陈忠伟. 燃气轮机缸体中分面漏气原因分析及对策[J]. 氮肥技术, 2014, 35(06): 3.
- [2] 王又武. S109FA 单轴机组汽轮机高中压缸中分面漏汽应急处理措施[J]. 燃气轮机发电技术, 2010, 12(01): 38-39, 49.