

12V240 机车柴油机连杆瓦失效故障分析与预防措施

陈 予¹, 涂 凯¹, 冯全升², 孙国强¹, 喻继勇¹, 李剑峰¹

(1. 中国铁路武汉局集团有限公司, 武昌南机务段, 湖北 武汉 430064;

2. 中国铁路武汉局集团有限公司, 江岸机务段, 湖北 武汉 430301)

摘 要: 针对 12V240 机车柴油机发生的连杆瓦失效故障, 通过对工作环境和工作状态的分析, 得出故障原因系瓦孔座存在尺寸偏差, 轴承螺栓紧固力偏小。由此提出了相应的预防措施: 保证瓦孔座各部位尺寸, 螺栓紧固力矩达到技术要求。

关键词: 柴油机; 连杆; 轴瓦; 失效

中图分类号: TK424.3⁺1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2019)05-0059-02

1 故障情况

DF₇150 机车柴油机 12V240 在水阻试验过程中, 第 4 位连杆瓦发生失效故障。连杆瓦、连杆颈磨损情况如图 1 所示。



图 1 连杆瓦、连杆颈磨损情况

主副连杆瓦、连杆颈粘咬, 轴瓦与连杆大端孔座相互摩擦, 瓦背出现发黑、发蓝斑带, 见图 2。

拆卸后发现: 主瓦合金层已磨损, 金属磨屑在轴瓦间摩擦产生高温, 形成黑色条带状失效形貌, 见图 3。副瓦瓦背主承载区过热明显, 孔座互磨, 产生热量, 部分热量辐射散发, 部分热量在瓦背和瓦孔座间聚集, 过热痕迹被扩宽、拉长成条带状。如图 4 所示。

2 故障原因分析

2.1 失效形貌特征分析

轴瓦失效最终形貌特征属典型磨损失效。轴瓦

合金层最先发生局部剥离失效, 随后, 从合金层剥离的磨屑参与摩擦, 导致失效面积扩大, 磨损程度加重, 进而发展为轴瓦接触性磨损。磨损失效主要原因: (1) 轴瓦与轴之间缺少润滑介质, 即油膜过薄, 游隙过小。在运转过程中, 轴与瓦直接或间接接触, 发生摩擦, 摩擦产生的热量使润滑恶化加重, 进而导致失效。(2) 轴瓦孔座存在尺寸偏差, 孔座圆柱度、圆度偏差超限。微观观察瓦背面、座孔面, 可见凹凸形貌, 瓦背与轴承座孔密贴度降低, 导致轴瓦导热性变差。合金层受热膨胀, 合金表面出现热疲劳剥离。(3) 轴瓦轴承紧固力矩过大、过小均会危害轴瓦的物理特性。紧固力矩过大会导致高强应力, 材料屈服, 合金层疲劳剥离, 同时引发微动磨损; 紧固力矩过小, 轴瓦紧余量不足, 导致瓦背与轴瓦孔座密贴性差, 散热受阻, 轴瓦合金发生热疲劳剥离失效, 轴瓦温度升高的同时油膜厚度减小, 易使轴瓦移动和转动, 瓦的油孔错位, 销钉切断。同时发生微动磨损^[1]。(4) 从合金表面疲劳剥离的磨屑在轴瓦间摩擦, 产生高温, 轴瓦游隙变小, 润滑恶化, 加快失效。

2.2 观察分析

观察连杆大端孔座发现: 主副瓦及孔座均出现过热黑色斑带, 副瓦瓦孔下半区润滑差, 散热差, 副瓦油孔区域过热黑色斑带较其它部位严重, 见图 5。黑色斑带是瓦背与孔座在静止状态下形成的过热痕迹。导热性差是轴瓦合金热疲劳剥离失效的主要原因, 是故障起始区域。发黑部位正对应图 3 中瓦合金剥离磨损最严重的区域。测量轴瓦孔座, 圆

柱度 ($-0.08 \sim -0.12 \text{ mm}$) 超限, 该部位油膜变得最薄, 轴瓦间很快由液体摩擦发展到少量、轻度接触摩擦。

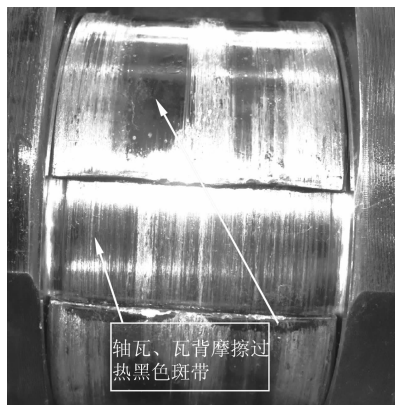
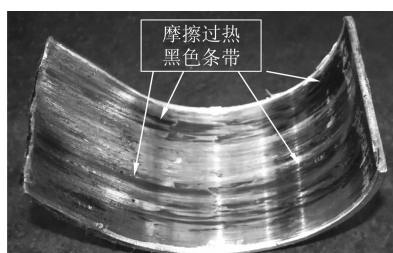
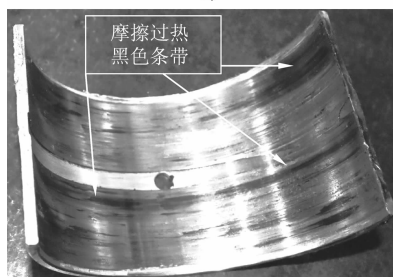


图2 瓦与轴粘咬



a)



b)

图3 主瓦合金面磨损失效情况

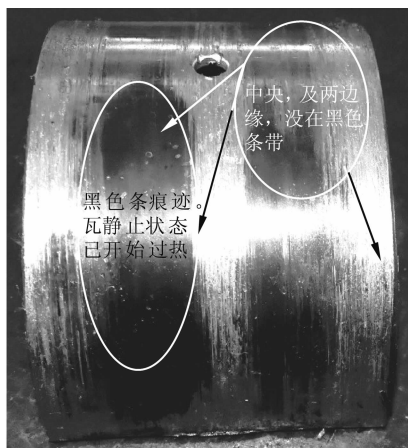


图4 副瓦瓦背过热情况

合金面剥离下来的物质参与轴瓦间摩擦。轴瓦摩擦剧烈区域正对应轴孔座过热部位, 瓦背与孔座聚热导致合金热疲劳剥离。每次轴瓦间局部接触摩擦, 产生热量聚集, 又通过瓦合金、瓦钢背传导到连杆瓦孔座上, 最终形成副瓦下半区黑色斑带。

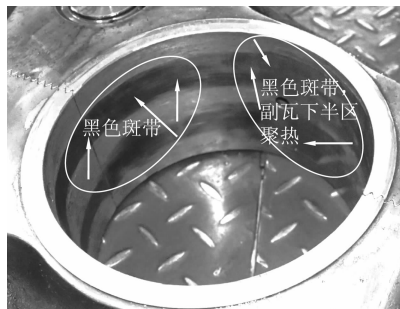


图5 孔座失效状态

轴瓦孔座密贴性差主要原因如下: (1) 孔座圆柱度 ($-0.08 \sim -0.12 \text{ mm}$) 超限; 瓦合口上下 45° 区域呈椭圆状, 且超限。(2) 轴瓦在孔座内紧余量不足, 合金层散热差, 引发合金热疲劳剥离失效。这也是导致瓦背聚热形貌的两个主要原因。

轴瓦失效后柴油机停机, 轴瓦快速冷却, 内收抱轴。

2.3 轴瓦及连杆螺栓检查

轴瓦背面出现微动磨损^[2]痕迹, 瓦背面呈凹凸形貌, 金属物质发生迁移, 如图6。



图6 瓦背瓦端面微动磨损情况

检查连杆螺栓、螺栓牙齿、扣纹及座孔内牙齿扣纹。连杆大端孔座两条紧固螺栓, 一条螺栓出现牙齿损坏、扣烂, 1~5 齿牙扣烂, 座孔内 1~3 牙扣已滑扣失效。从而导致轴瓦紧固力矩偏小, 轴瓦相对紧余量减小。轴瓦背部发生微动磨损明显, 图6 所标示形貌正对应扣烂、牙坏的螺栓。

综上, 轴瓦发生了微动磨损, 两块轴瓦端面无过压顶挤痕迹。可判定: 轴瓦紧固力矩不足, 轴瓦紧余量偏小, 出现微动磨损; 同时轴瓦与孔座密贴性差, 使导热性变差, 主瓦孔座区域聚热。柴油机运行中合金受热膨胀, 游隙减小, 油膜变薄, 加速合金剥离失效。剥离下来的细小合金在轴瓦间摩擦, 故障进一步扩大, 最终导致连杆瓦失效。

(下转第63页)

3 故障分析与预防措施

3.1 故障分析

气门传动组件故障是电站柴油机配气机构的常见故障,特别是对于机械式配气机构,力的传递距离远,传动组件组成多,出现故障的概率大。分析配气机构气门传动组的故障,其根源多是因为气门间隙过大,各组件工作时产生惯性冲击力,导致整个配气机构工作不稳,噪声增大。易引起柴油机气门间隙过大的主要原因有:

(1) 零件的工艺和材料不合格,在高强度交变负荷的作用下,引起零件过度磨损、变形和断裂等,如凸轮轴和挺柱的过度磨损、挺柱的断裂和推杆的弯曲变形等。

(2) 维修安装工艺不规范,如安装配气机构后没有检查并调整气门间隙;检查调整气门间隙时忘记上紧锁紧螺母;摇臂球头和推杆尾端凹槽、推杆头部球头和挺柱凹槽没有对齐,安装不到位,导致推杆弯曲变形等。

(3) 维护保养没有严格按照要求实施,长时间的运行会使配气机构各组成的配合间隙逐渐加大;润滑油长期不更换,机油内含杂质量增多、油品变质,也会加剧配气机构的磨损。

3.2 预防措施

为了预防柴油机配气机构气门传动组件发生故障,确保机组正常工作,在使用过程中应注意:

- (1) 必须选用柴油机生产厂家指定的配件。
- (2) 康明斯柴油机装配时对各个润滑部位、

(上接第 60 页)

3 预防措施

检修作业质量过程控制是重要环节,是执行工艺的核心。为预防上述问题的发生应加强以下几方面的管理。

(1) 在轴瓦装配过程中,工艺技术须执行到位。瓦孔座的各部位尺寸、圆柱度工艺限度应控制在 $0 \sim 0.04 \text{ mm}$ 范围内。

(2) 螺栓紧固力矩须达到技术要求,螺栓牙齿扣状态良好。

(3) 重视轴瓦涨量检测,确认轴瓦重要参数的正确性。

密封部位以及每个螺栓的拧紧力矩和拧紧方法都有明确要求,如要求挺柱窝座和推杆两端必须预涂润滑脂,凸轮轴凸轮和轴颈涂机油,如若不然,这些部位会因得不到有效润滑,加剧磨损,提高故障率。

(3) 每台康明斯柴油机都配有随机的技术手册,其中对维护保养都有明确要求,如 B 系列柴油机维护保养要求:“每 $8\,000 \text{ km}$ ($200 \sim 300 \text{ h}$) 更换机油和机油滤清器;每 $32\,000 \text{ km}$ ($800 \sim 1\,000 \text{ h}$) 调整气门间隙”等^[3]。操作人员应严格按照技术要求实施维护,提高装备的可靠性和使用寿命。

4 小结

电站柴油机配气机构气门传动组件故障会引起发电机组振动噪声加剧、功率下降,严重影响装备的正常运行。为了减少此类故障发生,须建立严格的管理制度,组织落实有效的维护工作,提高维护保养质量。

参考文献

- [1] 蒋大伟. 基于多传感器信息融合的柴油机配气机构故障诊断技术研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.
- [2] 曹佳骏, 练兵. 某柴油机配气机构异常磨损分析及改进 [J]. 柴油机设计与制造, 2016 (4): 32 - 34.
- [3] 江西清华泰豪三波电机有限公司电站研究所. 康明斯 B 系列发动机结构原理和维修保养 [R]. 2018.

4 结论

在以后的 12V240 柴油机检修过程中,通过控制检修过程重点环节,严格抓好轴瓦装配的三个重要步骤,确保了轴瓦组装质量。12V240 柴油机水阻试验成功率达 100%。两年内跟踪 28 台 12V240 柴油机车,柴油机运行状况良好,尤其是轴瓦故障大幅减少。

参考文献

- [1] 曹福南, 朱志英, 张世芳. 东风₄ 型内燃机车结构原理 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1986.
- [2] 张乐山. 机车轴瓦失效主要形式 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2003.
- [3] 东风₇ 型内燃机车检修工艺 [R]. 2007.