

使用维修

MTU956 柴油机凸轮轴断裂故障分析

冯洲鹏¹, 张 杰², 熊小龙¹

(1. 海军驻兴平地区军事代表室, 陕西 兴平 713105; 2. 408 厂, 陕西 兴平 713105)

摘 要: 针对 MTU956 柴油机凸轮轴断裂故障现象, 从可能导致凸轮轴断裂的几方面因素进行分析。分析结果表明: 止推环槽底部的圆角 R 转接过渡小, 表面粗糙度差, 刀痕深, 引起应力集中是导致凸轮轴断裂的主要原因。据此提出了改进方案, 并取得了较好的效果。

关键词: 柴油机; 凸轮轴; 断裂

中图分类号: TK423.4+1

文献标识码: B

文章编号: 1001-4357(2014)02-0058-02

0 引言

MTU956 柴油机为四冲程、V 型、20 缸、增压中冷式中高速柴油机, 系从德国引进专利技术, 引进图纸按我国国标进行转化, 并且所有零部件均已完成国产化。该型机体积小、功率大、结构紧凑, 是我国引进的比较先进的机型之一。

该型机在生产试验过程中曾发生凸轮轴断裂故障, 严重影响了该型机的正常生产。本文就该故障原因进行了排查和分析, 并采取了相应的解决措施。

1 故障现象

该型机在试验过程中, 突然出现油压异常情况, 在 2 分 15 秒内滑油压力由 0.53 MPa 下降至 0.35 MPa, 同时柴油机转速下降, 并伴随增压器喘振。柴油机停车后, 工作人员立即启动预供滑油泵, 安装盘车装置, 此时, 已经盘不动车。打开曲轴箱观察孔盖板, 目视检查活塞冷却油喷嘴、活塞、缸套下部、连杆大端, 无异常; 打开 A、B 排缸盖罩壳, 检查摇臂座紧固力矩, 符合工艺要求合格, 但 A 排第 3、4、6、9 缸排气阀挺杆已弯曲变形; 取出挺杆后, 可以盘动车; 拆前端传动箱 A 排侧罩壳, 发现凸轮轴从自由端止推槽处断裂, 断裂情况如图 1、2 所示。拆检凸轮轴发现 A 排第 8 缸进气凸轮凸尖部位有线状麻点, 自由端凸轮轴衬套端面有磨损痕迹, 凸轮轴止推板只剩 1/4 块, 4 个安装螺栓只有一个完整地留在安装位置上, 其余 3 个均断裂。拆下 A 排 3、4、6、9、10 缸缸盖, 发现活塞顶部有轻微亮痕, 应为气阀接触造成; 拆下 A 排活塞连杆组件, 轴瓦表面目检无异常磨损;

拆检 A 排其余气缸盖, 活塞顶部目检无异常。



图 1 凸轮轴断裂自由端侧



图 2 凸轮轴断裂止推板侧

2 故障原因排查及分析

根据检测报告, 凸轮轴断口为疲劳断裂; 止推板断口为一次性脆性断裂; 螺栓为韧性断裂。基于上述情况, 初步认为造成凸轮轴断裂的可能原因有三: 一是止推板螺栓松动引起; 二是凸轮轴受到异常外力; 三是凸轮轴存在质量问题。

2.1 止推板螺栓松动

安装止推板的螺栓松动, 使止推板与凸轮轴发生碰撞, 从而加速螺栓的松动, 并使凸轮轴向输出端轴向窜动; 止推板因螺栓松动, 位置发生变动, 在凸轮轴轴

向窜动的冲击力作用下碎裂, 碎裂的残块掉落到传动齿轮上, 使齿轮卡滞, 凸轮轴停止工作。由于齿轮卡滞, 凸轮轴即停止工作, 且凸轮轴在停止工作之前仅仅是发生轴向窜动, 径向上并无异常的受力和运动, 因此, 仅止推板螺栓松动不会导致凸轮轴断裂。

2.2 凸轮轴受到异常外力

(1) 检查所有凸轮和顶升机构滚轮工作表面, 均无异常冲击痕迹和异常磨损, 表明凸轮轴和顶升机构滚轮之间未出现异常受力。

(2) 检查所有凸轮轴轴承, 除 A 排自由端凸轮轴衬套端面磨损, 其余工作衬套表面均无异常磨损, 表明凸轮轴与凸轮轴轴承之间工作正常。

(3) 由于碎裂的残块掉落到曲轴齿轮上, 造成其中一个齿槽中嵌入一残块, 残块已被挤压变形, 与之啮合的中间齿轮的一个齿被挤压变形并有裂纹; 其它齿轮拆卸后目检未发现明显变形, 表面状况良好, 无异常冲击痕迹, 表明定时齿轮工作正常。

(4) 从凸轮轴设计角度进行分析, 由于凸轮轴断裂处的截面积是连接螺栓(10 个)截面积的 4.9 倍, 如果凸轮轴受到异常扭矩时, 将首先在连接螺栓处被扭断。检查结果是凸轮轴各段之间的连接螺栓均正常。

通过上述分析, 可以排除凸轮轴受到异常外力的可能性。

2.3 凸轮轴存在质量问题

(1) 凸轮轴材质缺陷

用电镜图检查凸轮轴表面, 未见材料及冶金缺陷, 故该原因引起断裂的可能性被排除。

(2) 凸轮轴热处理质量

检测报告中对凸轮轴的化学成分检验是完全符

合要求的, 其抗冲击能力也在要求范围内, 所以热处理并未对材料造成影响。

(3) 凸轮轴机械加工质量

此次断裂的凸轮轴, 在断口处可以看到, 止推环槽的表面粗糙度不高, 疲劳源为多源, 源区形貌多呈棘轮状, 其中一疲劳源起始于转接 R 的机加工刀痕处。因凸轮轴在工作中受到交变扭转力作用, 凸轮轴安装止推环的槽底部圆角 R1.6 其转接过渡小, 附近表面粗糙度差, 刀痕较深, 在此处易形成应力集中, 从而发生疲劳扩展, 最终导致凸轮轴的疲劳断裂。凸轮轴断裂时, 凸轮轴自由端在齿轮及惯性力作用下继续旋转, 凸轮轴断裂的另一部分在惯性力及齿轮的推力下向输出端轴向窜动, 从而使凸轮轴从断裂处分开, 自由端端部在齿轮带动下继续转动并挤压止推板, 轴颈与止推板接触处由于轴的转动而撞击止推板, 使止推板破碎, 螺栓断裂。

3 结 论

综上所述, 导致凸轮轴断裂的原因为机械加工质量不符合要求。由于止推环槽底部的圆角 R 转接过渡小, 且附近的表面粗糙度差, 刀痕深, 凸轮轴在受到交变扭转力作用下, 在该处产生疲劳源并扩展, 最终导致断裂。故障原因分析确认后, 工厂重新制作了一批专用刀具, 专门对凸轮轴止推槽底部 R 转接过渡部位进行加工, 并严格控制该部位的表面粗糙度。经过几年的验证, 再未发现凸轮轴断裂现象。此次故障原因分析和排除工作表明, 国内引进专利的柴油机零部件国产化工作已经完成, 但没有深刻理解某些零部件的工作原理, 不注重细节, 为缩减成本而降低加工精度, 结果因小失大, 损失惨重。

(上接第 54 页)

案例三: 时间: 2010. 08; 机型: F12L513; 车型: 捣固车; 故障现象: 作业时严重冒黑烟, 第二天重新起动时一排缸“放炮”, 另一排缸冒白烟, 无法起动。

故障原因: 经检查, 造成此故障的原因是喷油提前角自动提前, 且提前量较大, 约 $5 \sim 10^\circ \text{CA}$, 导致发动机不能正常工作。简单调整后可以起动车, 但工作时间很短即重复此故障。仔细检查发现: 喷油泵联轴节有问题, 联轴节与传动轴之间配合间隙太大, 不能刚性紧固, 当柴油机工作且负荷较大时, 联轴节与传动轴就产生相对位移, 使喷油提前角提前。

排除方法: 更换喷油泵联轴节后, 故障排除。

4 结 论

排气烟色不正常往往是发动机状态不良的初期表现, 如果在发动机未造成较大伤害之前, 能迅速地找到原因并解决, 就可将经济损失降到最低。判断故障时要本着由浅入深、从简单到复杂的思路进行判断, 先从发动机的外围开始, 逐步深入, 直至问题解决。

参考文献

- [1] 于家和, 胡跃进. 道依茨风冷柴油机的构造与原理[R]. 2002.
- [2] 陆耀祖. 内燃机构造与原理[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2004.