

结构与可靠性

TBD604BL6 柴油机挺柱与凸轮轴优化改进

张青锋, 李胜利, 陈政磊, 李 静, 李 敏, 蔡厚峰

(河南柴油机重工有限责任公司, 河南 洛阳 471039)

摘要: 针对 TBD604BL6 柴油机挺柱与凸轮轴出现的磨损情况, 采用有限元分析、零部件检查、试验验证等手段进行排查分析。结果表明: 该柴油机凸轮轴与挺柱的材料组合存在缺陷。经比较分析后采用 TBD620 柴油机成熟先进的凸轮轴与挺柱材料组合替代该柴油机的凸轮轴与挺柱材料组合。试验验证表明: 此项改进措施切实可行。

关键词: 柴油机; 挺柱; 凸轮轴; 磨损; 材料

中图分类号: TK423.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2019)03-0026-03

Optimization of the Tappets and Camshafts of TBD604BL6 Diesel Engines

Zhang Qingfeng, Li Shengli, Chen Zhenglei, Li Jing, Li Min, Cai Houfeng

(Henan Diesel Engine Industry Co., Ltd., Henan Luoyang 471039)

Abstract: To deal with the wear and tear occurred on the tappets and camshafts of TBD604BL6 diesel engines, investigation and analysis were carried out based on the FEA, parts inspection and test verification. The test results show that the engines' tappets and camshafts have material combination flaws. Through comparative analysis, the original material combination was replaced by that of the TBD620's, which is more mature and advanced. The feasibility of the improvement program has been verified by experiments.

Key words: diesel engine; tappet; camshaft, wear; material

0 引言

某 TBD604BL6 柴油机(功率、转速分别为 450 kW、1 500 (r·min⁻¹)) 完成各项试验后, 发现: 5 个排气挺柱底面出现异常磨损, 如图 1 所示。随后对该批柴油机增加拆检, 发现多个排气挺柱底面出现异常磨损现象。

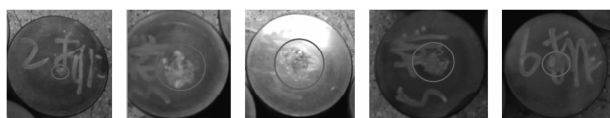


图1 排气挺柱磨损情况

采用有限元软件建立 TBD604BL6 柴油机配气机构的动力学模型(图2), 模拟凸轮轴、挺柱、推杆、摇臂、气阀组件等的工作过程, 计算获得凸轮与挺柱的接触应力。

运动仿真计算结果如图3、图4所示。

有限元计算结果如下:

(1) TBD604BL6 进、排气凸轮与挺柱的接触应力最大值如表1所示。

表1 进、排气凸轮与挺柱接触应力最大值

柴油机转速/(r·min ⁻¹)	1 800
进气凸轮接触应力最大值/MPa	624
排气凸轮接触应力最大值/MPa	676
许用极限接触应力/MPa	800

1 原因分析

1.1 运动仿真计算分析

收稿日期: 2018-07-21

作者简介: 张青锋(1986-), 男, 工程师, 主要从事柴油机技术服务, haustqingfeng@163.com。

增加 100% 功率的时间, 目的是考核高负荷下的试验情况。

1.3.3 试验结果分析

(1) 试验结束后挺柱均未出现磨损, 表明挺柱的磨损与磨合试验方法无关,

(2) 短时间内挺柱磨损与柴油机负荷高低没有关系, 因为在考核低工况和高工况后, 挺柱均出现了磨损。

2 国外专家分析

就 TBD604BL6 柴油机凸轮轴与挺柱之间的摩擦副情况咨询了国外专家 (MWM 总设计师), 回复如下:

对于低负载的气阀机构, 普遍使用的材料组合是 50# 和冷硬铸铁。对于功率提高的 TBD620 系列柴油机, 由于排气背压更高, 对排气门被推开不利, 且增大了凸轮与挺柱的接触应力, 因此不得不使用改进升级后的材料组合 GCr15 和 Cr12。而对于 TBD604BL6 柴油机, 则没有再升级改进过。

要很好地解决 TBD604BL6 柴油机挺柱磨损问题, 采用 TBD620 凸轮轴和挺柱材料整体升级的方式是一个优选项。

3 结果验证

鉴于 TBD604BL6 柴油机挺柱加工工艺复杂, 而 TBD620 柴油机挺柱并未出现过类似的磨损, 决定采用质量稳定的 GCr15 凸轮轴和 Cr12 挺柱替换升级, 即用 TBD620 柴油机凸轮轴和挺柱的强化材料组合进行整体替换。

3.1 设计分析

首先, TBD604BL6 柴油机的功率负荷小于 TBD620 柴油机, 其挺柱与凸轮轴的接触应力也小于 TBD620 柴油机。

其次, 对比图纸可以发现: TBD604BL6 与 TBD620 柴油机的进排气凸轮型线是相同的, 凸轮轴衬套的材料和组成成分也相同, 挺柱的外形尺寸也一样; 区别在于 TBD604BL6 柴油机挺柱本身的润滑油孔是斜的, 而 TBD620 柴油机挺柱的润滑油孔是直的, 原因是 TBD604BL6 为直列机, 挺柱做成斜油孔更容易泄放润滑油。

再次, TBD620 柴油机自投产以来, 凸轮轴与挺柱质量一直比较稳定, 未出现过如 TBD604BL6 柴油机挺柱磨损的情况, 已得到了可靠的实际验证。

鉴于以上三点, 从设计上分析采用 620 柴油机凸轮轴和挺柱的强化材料组合整体替换

TBD604BL6 柴油机的凸轮轴和挺柱的材料组合是可行的、可靠的。

3.2 试验验证

为了验证 TBD604BL6 柴油机使用 TBD620 柴油机凸轮轴和挺柱材料组合的可性性, 公司投产一批 GCr15 材料的 TBD604BL6 凸轮轴和更改成 Cr12 材料后的 TBD604BL6 柴油机挺柱, 相继装配在两台柴油机上。随后依照 TBD604BL6 柴油机试验大纲要求进行试验。

试验后两台机器拆检情况如下: 各缸挺柱情况良好, 凸轮轴凸桃情况正常, 详见图 6、7。

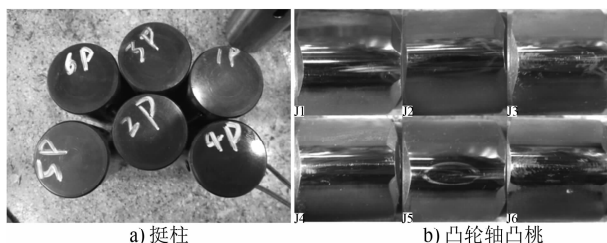


图 6 第一台机挺柱及凸轮轴凸桃情况

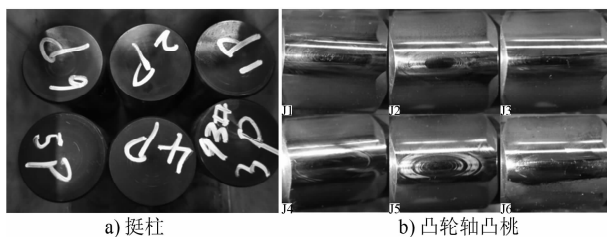


图 7 第二台机挺柱及凸轮轴凸桃情况

试验结果说明: 将 TBD620 凸轮轴和挺柱材料组合应用到 TBD604BL6 柴油机上, 未出现前期磨损情况, 能够满足柴油机性能要求。

4 措施落实

更改为 GCr15 的 TBD604BL6 凸轮轴已经固化, 其技术状态为: 外形尺寸完全与原 TBD604BL6 柴油机凸轮轴尺寸一致, 材料和热处理与 TBD620 柴油机凸轮轴要求一致。更改 Cr12 材料后的 TBD604BL6 柴油机挺柱的技术状态为: 除了泄油孔是斜孔外, 其余尺寸及热处理均与 TBD620 柴油机挺柱一致。两者加工工艺均已完成固化。

5 结论

通过以上试验和分析表明: 采用 TBD620 柴油机成熟先进的凸轮轴与挺柱材料组合替代 TBD604BL6 柴油机的凸轮轴与挺柱材料组合是可行的、可靠的, 能够满足 TBD604BL6 柴油机性能要求。

(下转第 48 页)

设置驱动装置主给定信号源: 设置“给定频率1” = AI2, 并设置“AI2 类型” = -10/+10 VDC。此时可通过数控系统 MDI 模式下编程控制主轴旋转, 并测试额定频率以上的弱磁运转状态。至此, VVC 开环控制调试完毕。

编码器参数设置: 设置“编码器类型” = RS422、“编码器供电电压” = 5 VDC、“脉冲数” = 1 024, 然后设置“编码器检查” = Yes, 装置开始检查编码器与电机旋转方向、脉冲数等, 如果正常完成则“编码器检查”自动变为 Done, 否则会自动修改“编码器错误”参数值。

设置“编码器用途” = reg, 编程使主轴连续15%转速运转3 s; 再次执行编码器检查, 正常完成后可设置“电机控制类型” = FVC。至此, 编码器参数调试完毕, 主轴电机已处于闭环矢量控制模式。

输入信号定义设置: 设置“转矩限幅激活” = DI2、“斜坡切换分配” = DI3, 设置子菜单项“第2加速时间” = 3 s、“第2减速时间” = 3 s; 设置“完整设置” → “错误/警告处理” → “故障复位” = DI8。

输出信号定义设置: 设置“AQ2 配置” = 电机电流、“AQ2 类型” = 0-10 VDC; 设置“R1 配置” = 故障、“R2 配置” = 电机频率低阈值、“R3 配置” = 已到达参考频率。然后设置“低频率阈值” = 0.1 Hz, 即电机实际工作频率低于0.1 Hz则认为主轴零速; 并设置“AI2 最小值” = 0.01 VDC, 以屏蔽因外部干扰引起的主轴爬行。

最后根据主轴动态运转特性对变频器动态参数

和数控系统主轴参数进行优化: 修改主轴定位增益参数 MD4350, 主轴定位转速参数 MD4270, 主轴零点偏置 MD4590 等; 测试主轴换挡摆动、主轴定位、攻丝加工、高速运转、重载刀具加减速启动过程等均正常后, 参数调试完成。

3.3 PLC 程序修改

SINUMERIK 880M 的 PLC 为 S5-135U, 采用 STEP5 编程软件配合 RS-232C 编程电缆可进行程序监控与修改。根据改造后的控制需求, 修改相应的 PLC 程序, 满足主轴各项控制功能。

在 NC 标准攻丝循环程序中增加 M90/M91 代码, 对应应在 PLC 程序中增加 M90 及 M91 接口信号以控制斜坡切换继电器。

通过不同附件铣头的编码识别判断其型号规格, 分别进行转矩限制控制输出。

修改主轴零速连锁保护程序, 包括: 自动加工模式下主轴零速禁止进给, 换刀换附件时主轴定位结束时主轴状态的连锁保护等。修改主轴转速到达连锁保护程序, 转速未到达禁止进给等。

4 结语

如果采用西门子伺服驱动器来改造, 其主轴动态特性会优于本文描述的变频器驱动, 若再配置制动电阻则其启停特性会更好; 但配置电源模块、电机模块、CU 单元和 TM 端子模块其成本远高于本文的方案, 且供货周期在3个月以上。本文提供了一种实用的低成本快速解决方案, 适用于老设备改造, 还有更多的解决方案留待读者一起探讨。

(上接第28页)

参考文献

- [1] 章水. 135 系列柴油机气门挺柱设计改进与试验[J]. 内燃机, 1987 (4): 12-15.
- [2] 彭志林. WD615 柴油发动机凸轮轴与挺柱磨损分析[J]. 工程建设, 2004 (2): 39-41.
- [3] 李明海, 王麟. 柴油机配气挺柱运动学及应力分析[J]. 大连交通大学学报, 2017, 38 (1): 45-48.
- [4] 乔芳. 柴油机挺柱磨损分析及改进[D]. 济南: 山东大学, 2017: 8-25.
- [5] 练兵. 一种 V 型柴油机挺柱异常磨损的检测与分析[J]. 现代制造技术与装备, 2017 (7): 28-31.