

使用维修

燃油泵漏油问题的分析与解决措施

赵 伟, 王学兵, 王中庆, 刘云霞, 谌继南

(河北华北柴油机有限责任公司, 河北 石家庄 050081)

摘 要: 针对某机型用燃油泵漏油问题, 根据故障现象, 从零部件结构着手, 结合 CAE 分析及设计、安装环节复查, 对故障的可能原因进行排查。结果表明: 与燃油泵连接的壳体形位公差超差, 致使燃油泵主动齿轮轴倾斜; 随着运行时间累积, 倾斜情况加剧, 最终导致燃油泵偏磨、漏油。据此提出了相应的解决措施。

关键词: 燃油泵; 漏油; 齿轮; 偏磨

中图分类号: TK423.8⁺3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2019)06-0064-04

0 引言

燃油泵也可称为低压输油泵, 其主要功能是在柴油机各种工况下, 以一定压力和输油量向高压油泵提供充足压力、相对恒定的燃油。它是燃油供给系统的关键部件, 其性能达标与否直接影响着柴油机的起动性能和功率大小。燃油泵在使用过程中经常会出现漏油故障, 本文以某机型燃油泵漏油故障为例进行分析。

1 燃油泵结构形式及工作原理

1.1 结构形式

某机型用燃油泵采用齿轮泵, 其结构形式见图1。主要结构部分包括: 泵体、泵盖、主动/从动齿轮、安全阀。

1.2 工作原理

燃油泵由主动齿轮驱动, 带动从动齿轮转动, 通过齿轮的转动排空齿轮室的空气, 形成真空, 从而使燃油从进油口进入齿轮室, 随着齿轮的转动, 燃油从出油口被挤出。

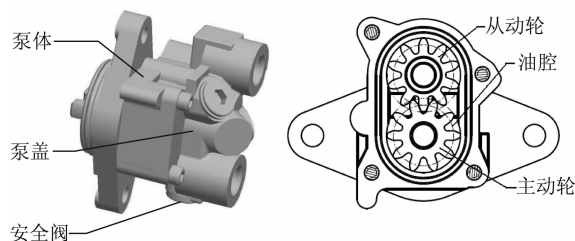


图1 燃油泵结构图

2 故障情况

2.1 故障现象描述

某机型车辆在热区行驶试验过程中出现机油压力低并报警。车辆返回, 检查发现: 机油压力降低, 机油箱机油液位上升, 并有柴油味。吊舱, 拆下燃油泵, 发现: 燃油泵的主动轴和输出连接的腔内有柴油。更换燃油泵后运行3 h, 待机油冷却后未发现机油液位上涨。

另一该机型车辆在热区试验时, 也发现上述现象。

2.2 故障件检查情况

对两台故障燃油泵进行气密试验, 发现泵轴端有明显漏气现象, 漏气部位见图2。

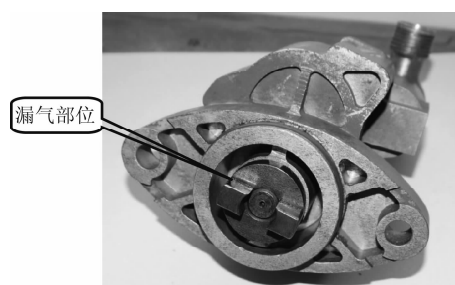


图2 燃油泵漏气部位

拆检两台故障燃油泵, 发现: 齿轮室处主动齿轮侧扫膛; 内部导向套全部磨损; 顶盖主动齿轮侧、内腔对应部位磨损; 油封对应部位磨损。1号燃油泵拆检情况见图3、图4、图5。2号燃油泵拆检情况见图6、图7。

收稿日期: 2018-11-22; 修回日期: 2019-02-20

作者简介: 赵伟(1978-), 女, 高级工程师, 主要研究方向为柴油机零部件设计, hckjfb_zy@163.com。

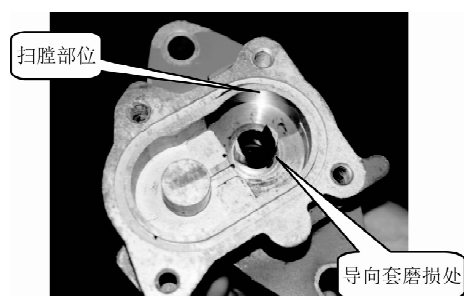


图3 齿轮室磨损情况

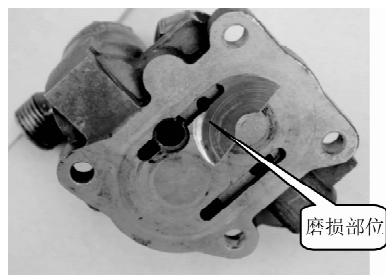


图4 泵盖磨损情况

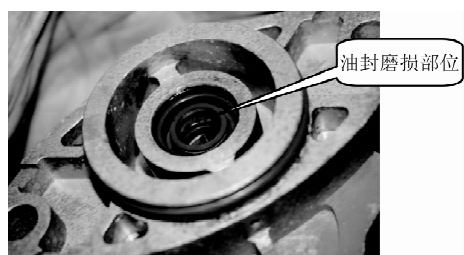


图5 主动轴油封磨损情况

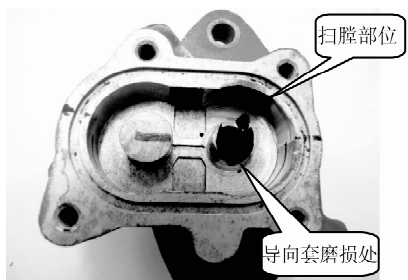


图6 齿轮室磨损情况

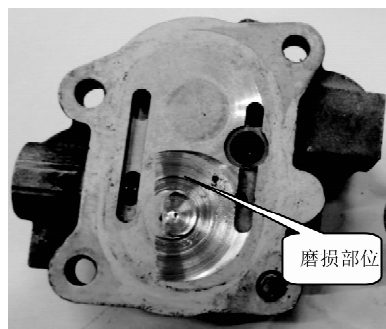


图7 泵盖磨损情况

3 故障原因分析

根据故障现象分析，造成燃油泵漏油的原因是主动齿轮扫膛产生的金属碎屑将油封磨坏。而齿轮扫膛的直接原因是主动齿轮轴倾斜，与齿轮腔底面不垂直，导致齿轮在齿轮腔内异常旋转，造成偏磨。导致主动齿轮轴倾斜的可能原因：一是燃油泵本身存在问题；二是与燃油泵相连的传动机构存在问题。基于此建立燃油泵漏油故障树，如图8所示。

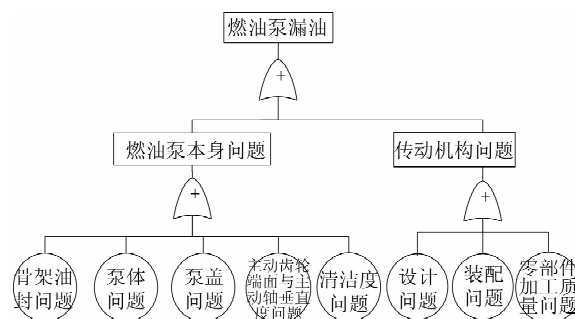


图8 燃油泵漏油故障树

3.1 燃油泵本身问题

该燃油泵的结构设计、连接方式、驱动型式和外形及接口均在多个机型中应用。因此，分析认为可能导致燃油泵齿轮腔扫膛的原因有以下几个方面。

3.1.1 骨架油封问题

该燃油泵采用两个双唇骨架油封背靠背安装形式。双唇骨架油封增加了副密封唇，密封更加可靠。骨架油封材料选用氟橡胶，该材料耐柴油、耐高温、耐高速性能较好；且该材料油封为成熟产品，在前期的多次可靠性试验中均未发生过问题。

3.1.2 泵体问题

该燃油泵泵体材料选用铝材，为了增加泵体表面的耐磨性和耐腐蚀性，对泵体表面进行了硬质阳极氧化处理。

泵体故障部位齿轮轴套处的 CAE 分析见图9。最大应力出现在支撑轴根部，为 38.4 MPa；支撑轴向低压侧倾斜，最大变形出现在支撑轴顶端，为 0.003 mm，与配合零件发生结构干涉的可能性不大；整体安全系数很高，达到 10 以上，应力最大的根部位置的安全系数也达到 5.9，故此结构安全，且有很大裕度。

并且，同批次样泵通过了部件 500 h 冲击试验，无异常磨损，流量衰减也满足要求。拆检情况见图 10，流量对比见图 11。

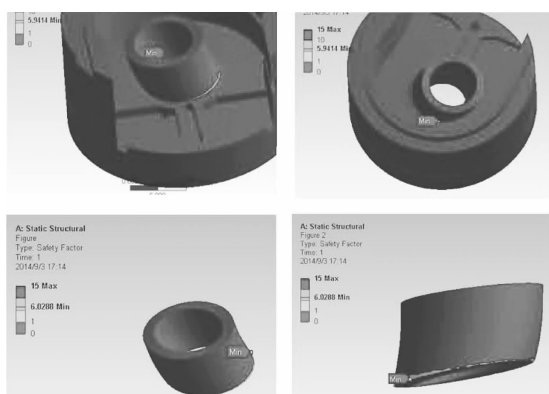


图 9 泵体故障部位 CAE 分析



图 10 拆检情况

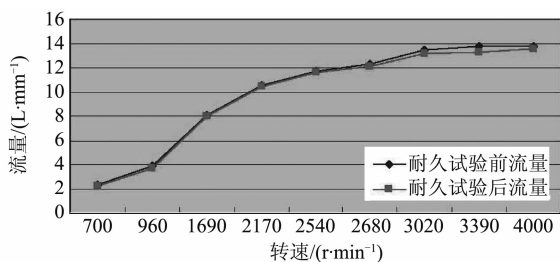


图 11 试验前后流量对比情况

3.1.3 泵盖问题

该燃油泵泵盖材料与泵体材料一致，为铝材，为了增加泵盖表面的耐磨性和耐腐蚀性，对泵盖表面进行了硬质阳极氧化处理。

3.1.4 主动齿轮端面与主动轴垂直度问题

若主动齿轮端面与主动轴垂直度不好，泵盖上易出现整圈的磨痕，但不会导致偏磨。

3.1.5 清洁度问题

为了避免燃油泵中的杂质、毛刺等异物影响燃油泵的寿命，对燃油泵的清洁度有规定要求。在装配前，对生产时易产生毛刺的齿轮进行了光饰处理、去除毛刺，然后对所有金属件进行超声波清洗，去除表面异物，并按规定对清洁度情况进行了检验。

3.2 燃油泵传动机构问题

燃油泵的传动是依靠燃油泵齿轮带动轴旋转，轴与燃油泵主动轴通过键连接，带动燃油泵主动齿轮旋转。如果传动过程中燃油泵主动轴受到异常的侧向作用力，则会导致主动齿轮轴倾斜，继而引发燃油泵故障。燃油泵安装情况见图 12。

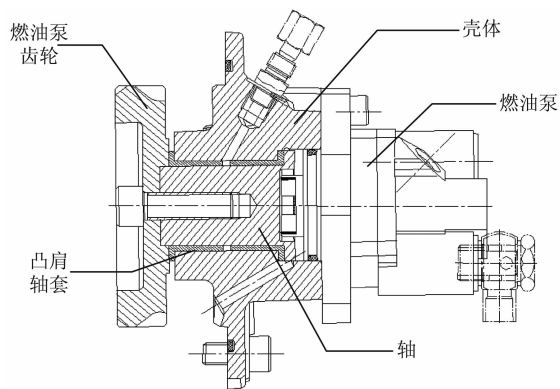


图 12 燃油泵安装情况

3.2.1 设计问题

燃油泵传动机构的设计在 TCD2015 机型上普遍应用；该机型前期装机也全部使用此结构，均未发生过故障，因此可以排除设计原因。

3.2.2 装配问题

经查装配记录，燃油泵及传动机构装配合格；整机通过了 5 h 左右的出厂验收试验，在检验验收过程中未发现问题，因此可以排除装配原因。

3.2.3 相关零部件质量问题

对相关零部件进行拆检，传动机构齿轮及传动轴等未发现明显异常现象。为了进一步对相关零部件质量情况进行复查，抽检同批次库存件，进行尺寸及形位公差检测。经检测：燃油泵齿轮、凸肩轴套、轴的尺寸及形位公差均合格；壳体尺寸合格，但有三处形位公差合格。壳体检测要求见图 13，共抽检 3 件，检测结果见表 1。

表 1 检测结果

图样要求	实际检测结果/mm		
	第 1 件	第 2 件	第 3 件
$\perp 0.05B$	0.029	0.024	0.148
$\Phi 0.06A$	0.351	0.309	0.251
$// 0.04C$	0.141	0.114	0.027

由图 15 可以看出：若壳体端面垂直度为 0.148 mm、内孔位置度为 0.351 mm，则燃油泵主动齿轮轴倾斜 6'、位移 0.23 mm；对比图 14 理论值（壳体端面垂直度 0.05 mm、内孔位置度 0.06 mm）情况，倾斜角度超差 4'、位移超差 0.18 mm。由于泵体主动齿轮轴套内孔与主动轴间隙为 0.01 ~ 0.04 mm，而壳体两形位公差超差导致的偏移情况远大于这两处间隙。因此认为，这三处形位公差中 $\perp 0.05B$ 、 $\Phi 0.06A$ 是导致燃油泵主动齿轮轴倾斜的主要原因。该因素在柴油机使用初期可能影响不明显，但随着齿轮的不断旋转及柴油机的振动，主动齿轮轴的倾斜会不断加剧，最终导致燃油泵磨损漏油。

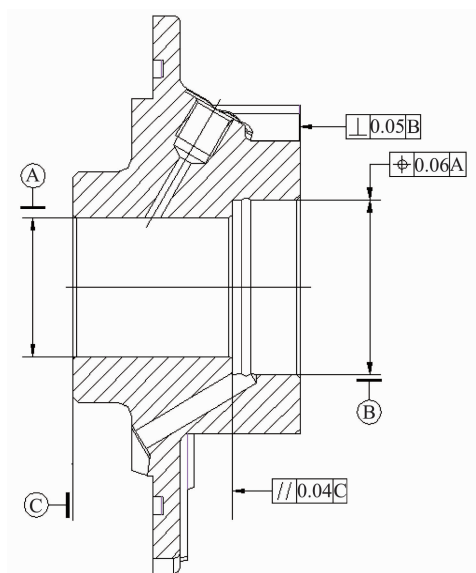


图 13 壳体检测要求

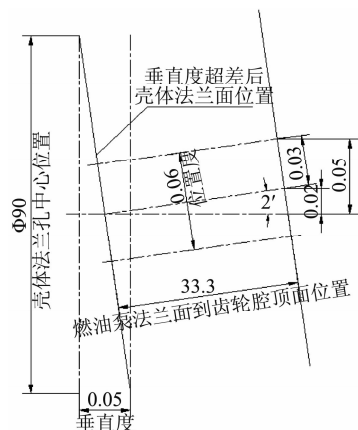


图 14 理论公差分析图

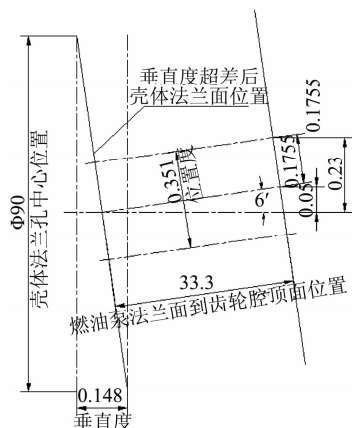


图 15 超差分析图

4 试验验证

为了验证上述传动机构问题是否会导致与故障燃油泵同样的磨损现象,通过在燃油泵法兰孔处加垫片的方式来模拟燃油泵接口偏斜情况,安装方式

见图 16。运行 10.5 h 后拆检发现：泵体齿轮腔内出现与故障泵同样的磨损现象，见图 17。

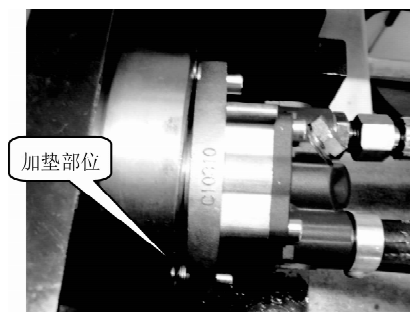


图 16 安装方式

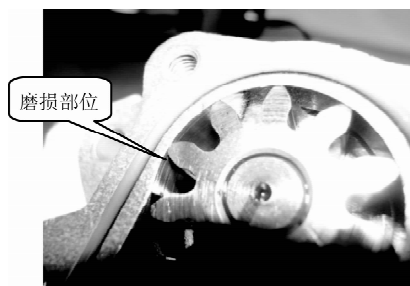


图 17 磨损情况

5 解决措施

5.1 检验验收控制

严格控制壳体 $\boxed{\perp 0.05B}$ 、 $\boxed{\oplus 0.06A}$ 两处形位公差,防止燃油泵长期运转过程中主动齿轮轴倾斜加剧,埋下质量隐患。

5.2 加工控制

加工泵体齿轮腔轴套部位时，保证端面与轴套的垂直度、粗糙度等关键尺寸，避免齿轮安装时发生偏移，导致偏磨故障。

5.3 装配控制

避免装配中出现各零部件较劲、卡滞现象，及时修正及调整，排除后患。

5.4 清洁度控制

保证零部件毛刺去除干净，组装燃油泵过程中确保各零部件清洁，防止异物进入泵体内部导致齿轮腔轴套部位与轴发生研磨。

通过采取以上改进措施,燃油泵漏油问题得到彻底解决。

参考文献

- [1] 王宝臣, 张继伟. 电控单体泵供油系统的组成及工作原理 [J]. 农机使用与维修, 2010 (1): 38-40.
- [2] 董刚, 李建功, 潘凤章. 机械设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.