

使用维修

6240 电喷柴油机冒黑烟故障的分析与处理

魏 勇, 于建卫, 陈建春, 颜天敏

(中车资阳机车有限公司, 四川 资阳 641300)

摘要: 针对某 6240 电喷柴油机出现的冒黑烟故障, 结合试验测试和对电喷泵结构及工作原理的分析, 探讨了故障可能原因。对电喷系统的模拟计算分析表明: 电喷泵电磁阀密封锥面密封不严是导致该故障的原因。据此采取了相应的处理措施, 经装机验证, 冒黑烟故障得到解决。

关键词: 电喷柴油机; 电喷泵; 密封

中图分类号: TK428 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2021)04-0058-03

Analysis and Settlement of the Smoke Problem of 6240 EFI Engine

Wei Yong, Yu Jianwei, Chen Jianchun, Yan Tianmin

(CRRC Ziyang Co., Ltd., Sichuan Ziyang 641300)

Abstract: In view of the black smoke fault of a 6240 EFI diesel engine, combined with test and analysis of structure and working principle of the EFI pump, the possible fault causes were discussed. The simulation analysis of the EFI system shows that the reason of the failure is the bad sealing cone of the EFI pump's solenoid valve. According to this, the corresponding treatment measures were taken, and the black smoke fault was verified to be solved by engine test.

Key words: EFI diesel engine; EFI pump; sealing

0 引言

某 6240 电喷柴油机在试验台上启动后, 仅对其施加了一个很小的负载, 排气中就产生了大量的黑烟。通过进一步的试验发现: 该现象与柴油机的转速无关, 即无论柴油机处于何种转速 (从怠速到额定转速), 一旦对柴油机施加的负荷超过其在该转速下设计功率的 15% 左右, 排气管即大量冒黑烟, 如图 1 所示。



图 1 某 6240 电喷柴油机排气冒黑烟

1 故障分析

1.1 常规检查

柴油机在稳定运行工况下冒黑烟通常是由于燃烧不良引起。燃烧不良的常见原因有柴油机超载 (尤其是单缸超载)、进气系统故障、燃油喷射系统故障等。

通过检查排除了柴油机超载、进气不足 (如漏气、中冷器堵塞) 等情况。在喷油器雾化试验台对各缸的喷油器进行雾化试验, 结果喷油器起喷压力正常, 燃油雾化质量良好。

1.2 试验测试分析

常规检查未能确定故障原因。为此, 对柴油机

工作时某一缸高压油管内的燃油压力进行测试。高压油管压力易于测取，且能直观、准确地反映喷射系统的工作状况，可帮助进一步分析判断。测试选取的工况为柴油机某一个冒黑烟故障工况，此时，柴油机转速为 1 000 r/min，功率为 200 kW。测得的高压油管燃油压力曲线如图 2 所示。

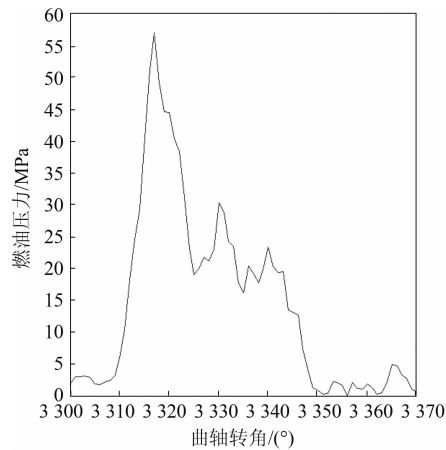


图2 高压油管燃油压力测试曲线

基于图 2 进行分析：

- (1) 高压油管最高压力为 57 MPa 左右，明显偏低。
- (2) 主喷射波峰后还有一段较长的较高压力曲线波，整个燃油压力曲线中高压部分对应的曲轴转角有 36°，压降过程明显偏长。因此，燃油喷射系统异常可能是导致该柴油机冒黑烟故障的原因。

1.3 电喷泵分析与计算

导致燃油喷射系统异常的原因有喷油器故障、电喷泵故障等。通过前面的雾化试验已排除了喷油器的问题，下面对电喷泵进行分析。

1.3.1 电喷泵结构及工作原理分析

6240 电喷泵的结构如图 3 所示。

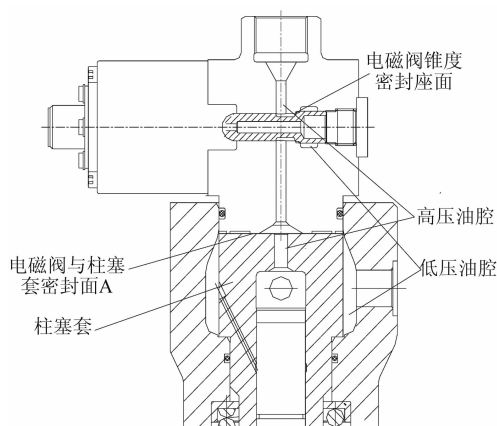


图3 6240 电喷泵结构示意图

高压油管内的燃油压力是由柱塞向上运动，压缩封闭高压油腔内的燃油产生的。其值由柱塞直径，

喷油器喷孔直径、喷孔数和流量系数，高压油腔体积及凸轮型线等相关参数决定，而这些参数理论上是定值。但是当系统某处发生泄漏，高压油腔与低压油腔部分联通，使得高压油腔不再是一个绝对封闭的容积时，被压缩的燃油通过这些通路泄漏流回低压油腔，就会影响高压油腔内燃油压力的建立。

从电喷泵结构可以看出：高压油腔与低压油腔有两个地方可能发生相通，一个是电磁阀底面与柱塞套顶面的平面接触密封面；另一个是电磁阀内部的锥度配合密封面。根据经验，若这些密封面发生严重泄漏，电喷泵将完全不能工作，无法产生如图 2 所示的高压燃油压力曲线。因此，怀疑这些密封面存在轻微泄漏，导致故障发生。下面通过建模计算验证该假设。

1.3.2 模拟计算分析

通过对燃油喷射系统的建模计算，可以得到喷射系统的各类参数，如循环燃油流量、各部位燃油压力曲线等。为便于对比分析，仅对以上故障工况点（柴油机转速 1 000 r/min，功率 200 kW）电喷系统工作情况进行模拟计算。分别选取电喷泵正常工作（无泄漏）和非正常工作（轻微泄漏）两种状态，重点关注高压油管压力波、喷射持续期、循环喷射油量等曲线和数据。建立的 Hydsim^[1] 模型如图 4 所示。

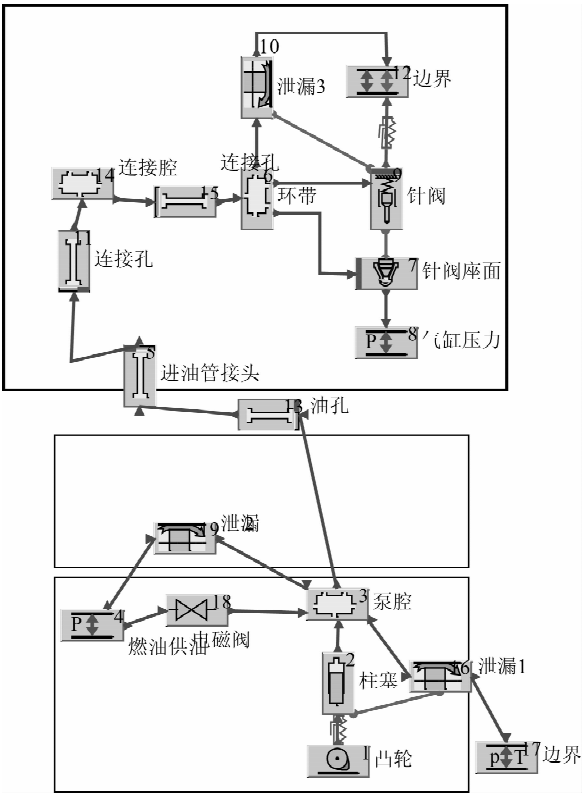


图4 电喷系统模拟计算模型

1.3.3 电喷泵正常工作

根据以往试验中获得的数据, 6240 柴油机在转速为 1 000 r/min, 功率为 200 kW 时的燃油耗量为 280 g/(kW·h), 可换算得到电喷系统单缸循环燃油喷射量为 379 mm³。本工况的计算采用上述值标定模型, 即通过人为设定供油持续期使计算结果接近或达到上述值。计算得到的高压油管压力波曲线如图 5 所示。电喷系统无泄漏时相关模拟计算结果见表 1。

表 1 模拟计算结果数据 (无泄漏时)

转速/ (r·min ⁻¹)	功率/ kW	循环燃油喷 射量/mm ³	最高燃油 压力/MPa	曲线高压部分 对应曲轴转角/(°)
1 000	200	378	87	7

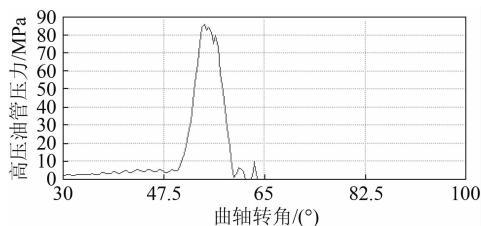


图 5 高压油管压力波计算曲线 (无泄漏时)

图 5 和表 1 表明, 在柴油机工作正常时:

(1) 高压油管压力波曲线的最大值约 87 MPa, 属正常燃油压力值。

(2) 整个喷射曲线只有一个主喷射波形, 即只有一个波峰, 为正常喷射波形。

(3) 燃油压力曲线的高压部分对应 7° 曲轴转角, 在正常范围内。

1.3.4 电喷泵非正常工作

本节模拟计算电喷泵发生泄漏导致柴油机冒黑烟的非正常状态。与正常状态相比, 燃油消耗量必然大幅增加, 且增加的数值无法直接量化 (因燃烧质量不同, 即黑烟的程度不同), 因此不能把循环燃油消耗量作为计算的参考目标值进行模型标定。一个可行的办法是, 采用之前冒黑烟工况测试获得的高压油管燃油压力曲线中高压部分对应的曲轴转角 (36° 曲轴转角), 作为计算的参考目标值。计算得到的高压油管压力波曲线如图 6 所示。

电喷系统有轻微泄漏时相关模拟计算结果见表 2。

表 2 模拟计算结果 (有轻微泄漏)

转速/ (r·min ⁻¹)	功率/ kW	循环燃油喷 射量/mm ³	最高燃油 压力/MPa	曲线高压部分对应 曲轴转角/(°)
1 000	200	843	548	36

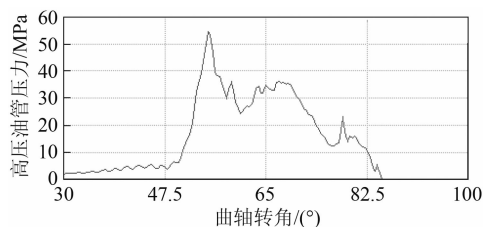


图 6 高压油管压力波计算曲线 (有轻微泄漏时)

图 6 和表 2 表明, 在柴油机因电喷泵密封面轻微泄漏导致工作异常时:

(1) 高压油管压力波曲线的最大值约为 54.8 MPa, 与实际测试曲线的数据 (57 MPa) 基本一致, 说明模型计算的结果符合实际情况。与正常喷射过程的 87 MPa 相比, 该值大幅下降, 导致燃油喷射的雾化质量下降, 燃烧不良, 排气冒黑烟。

(2) 循环燃油喷射量达到 843 mm³, 远远高于该工况下柴油机正常工作时的燃油耗量 378 mm³。说明在燃烧过程中燃油过量, 多余的燃油无法完全燃烧, 进而裂解成颗粒, 形成黑烟。

(3) 燃油压力曲线有多个波峰, 其高压部分对应 36° 曲轴转角, 说明燃油的喷射一直持续到缓燃期, 此时缸内氧气已不足, 燃料无法完全燃烧, 进而形成黑烟^[2]。

2 故障处理

综合分析表明: 电喷泵密封面泄漏是导致该柴油机冒黑烟的主要原因。为此, 首先对电磁阀底面与柱塞套顶面的平面接触密封面的贴合情况进行检查, 未发现异常。然后对电磁阀内部的锥度配合密封面进行配对研磨处理。再次进行试验验证, 结果表明: 在各转速和负荷工况下, 柴油机未再出现冒黑烟情况, 功率也达到了设计标定功率。

3 结论

(1) 该 6240 电喷柴油机出现冒黑烟故障是由于电喷泵电磁阀密封锥面密封不严, 造成燃油喷射压力降低, 燃油喷雾质量恶化, 燃油消耗大幅增加, 燃烧过程拖长导致。

(2) 采用电喷燃油系统模拟计算, 有助于对相关故障进行快速分析判断, 并指导改进。

参考文献

- [1] AVL. Hydsim reference manual [R]. 2003.
- [2] 周龙保. 内燃机学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.