

使用维修

PA6B 柴油机进排气阀断裂原因分析

赵建平, 窦振寰, 秦军红, 王江坤

(陕西柴油机重工有限公司, 陕西 兴平 713105)

摘要: 针对 PA6B 柴油机进排气阀断裂故障, 根据现场勘验情况并结合该柴油机当时的热工参数, 建立相应的故障树; 对制造质量、装配质量、配气定时、异物进入、热工参数等因素进行逐一排查。结果表明: 导致 PA6B 柴油机进排气阀断裂的原因为喷油器制造质量存在问题。

关键词: 柴油机; 气阀; 断裂; 喷油器

中图分类号: TK423.4⁺3 文献标识码: B 文章编号: 1001-4357(2020)01-0053-03

Analysis on the Fracture Causes of Intake & Exhaust Valve on PA6B Diesel Engines

Zhao Jianping, Dou Zhenhuan, Qin Junhong, Wang Jiangkun

(Shaanxi Diesel Heavy Industry Co., Ltd., Shaanxi Xingping 713105)

Abstract: Aiming at the fracture failure of the intake & exhaust valves on a PA6B diesel engine, based on the on-site inspection results and the thermal parameters at that moment, fault tree was built up. The factors which may cause the failure was investigated, including manufacturing quality, assembly quality, distribution timing, foreign particles entry and the thermal parameters. The results show that the manufacturing quality of injector was the reason that caused the fracture of exhaust valve on the PA6B diesel engine.

Key words: diesel engine; air valve; fracture; injector

0 引言

进排气阀是柴油机的重要零部件, 直接关系到柴油机的安全可靠运行。一旦进排气阀发生断裂会损坏整个燃烧室, 波及缸盖燃烧面、活塞顶以及缸套内表面; 随着柴油机运行, 断裂部分可能沿着进排气系统进入排气管、增压器, 或者被带入进气管甚至空冷器, 如此可能损坏排气管、增压器甚至空冷器等, 导致柴油机无法正常工作。本文就某型柴油机进排气阀断裂的原因进行分析, 并在此基础上制定预防措施, 防止造成更大损失。

1 故障描述

2012年3月22日, 用于某项目的 PA6B 柴油机在磨合试验后期进行加负荷试验, 运行到 1 000

r/min (5 958 kW) 工况时, A2 缸高压油管处突然喷出油水混合物, 机旁紧急停车。打开 A2 缸缸盖罩壳, 发现: 排气摇臂、气阀间隙调整螺钉头部断裂; 进气阀弹簧歪斜; 进气阀阀桥导杆弯曲。现场勘验情况如图 1~图 4 所示。

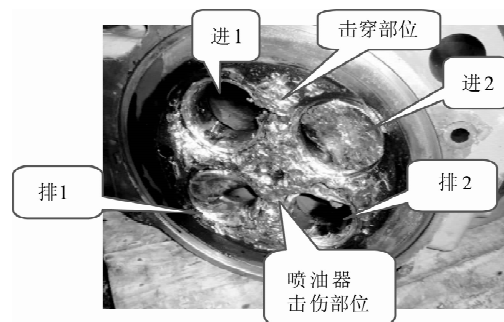


图1 A2 缸缸盖燃烧面

收稿日期: 2019-01-21; 修回日期: 2019-03-20

作者简介: 赵建平(1962—), 研究员, 主要研究方向为柴油机设计及改进, 940759086@qq.com。

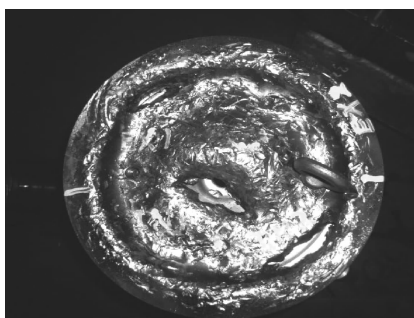


图 2 A2 缸活塞顶面

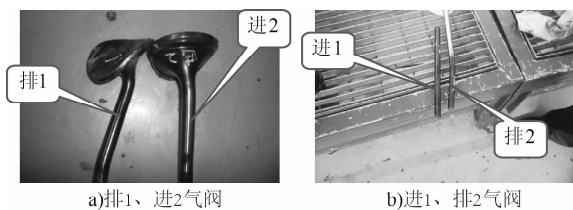


图 3 A2 缸排 1、进 2 气阀及进 1、排 2 气阀

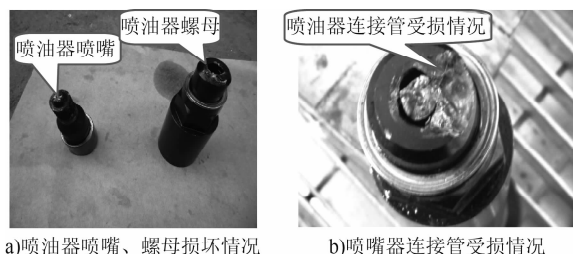


图 4 喷油器损坏

2 试验数据分析

表 1 为试验数据。

表 1 试验数据

参数	规定值 (标况)	试验数据
额定功率/kW	5 958	5 958
最高燃烧压力/MPa	15.2 (±0.2)	14.7 ~ 15
平均有效压力/kPa	1 955	1 955 (计算值)
各缸出口平均排温/℃	448 ± 25	A 排 499; B 排 481
齿条格数/mm	25	27.5
进气压力/MPa	0.26	0.27
燃油消耗率/(g · kW ⁻¹ · h ⁻¹)	199	212.9

从以上数据分析:

(1) 柴油机排气温度超出规定值 26 ℃, 表明燃烧异常;

(2) 柴油机齿条格数超出规定值 2.5 格, 表明喷油规律异常;

(3) 油耗超出规定值 13.9 g/(kW · h), 结合喷油规律异常, 表明过多的燃油喷入缸内;

(4) 进气压力稍高, 是由于排温高, 进而导致增压器转速增高, 从而造成进气压力稍高。

3 故障排查

结合勘验结果及试验数据分析, 建立如下故障树 (图 5), 并进行逐一分析。

3.1 机械部分排查

3.1.1 零部件制造质量

(1) 进排气阀

复查该台柴油机进排气阀及库存进排气阀检验记录, 尺寸、形位公差、材质等均符合图纸和技术文件要求。复查进排气阀技术状态, 其图纸和技术文件未发生变化。

(2) 喷油器

拆检 18 缸喷油器, 进行起喷压力、雾化情况标定试验, 结果起喷压力为 30 ~ 32 MPa, 低于图纸要求 (35 MPa), 雾化情况不良。进一步检查发现: 喷油器弹簧刚度不符合图纸要求。对装机 18 缸喷油器喷孔尺寸、角度进行检查, 发现: 喷孔尺寸及角度均超差。对除 A2 缸的其余各缸喷油器喷嘴进行着色探伤, 未见异常。

(3) 气阀弹簧

复检装机 A1、A2、B3 缸的进排气阀弹簧, 仅 A2 缸内弹簧长度尺寸发生变化, 其余合格。

(4) 气阀导套

检查 A2、A3、B1 缸断裂的进、排气阀导套的化学成分, 均符合图纸要求。检验除 A2 缸外的其余 17 缸进排气阀导套的内孔尺寸及形位公差, 均符合图纸要求。

(5) 缸盖

检查装机 A3、B1、B9 缸缸盖上的进排气阀导套孔与阀座内孔的同轴度、平行度及与爆发面的垂直度, 均符合图纸要求。对装机的 A3 缸缸盖气阀导套冷却水腔进行解剖检查, 结果符合图纸要求。对 B1 缸缸盖进行流量试验, 结果符合文件要求。

(6) 传动机构

复查装机挺杆、摇臂及阀桥的检验记录, 几何尺寸、形位公差及材料均符合图纸要求。

3.1.2 零部件装配质量

复查传动机构有关的紧固螺钉、阀座、喷油器、气阀与活塞间隙的装配记录, 均按照工艺安装, 紧固力矩及间隙符合技术文件要求。复查装机进排气阀间隙的检验记录, 均符合技术文件要求。检查除 A2 缸以外其余各缸气阀间隙, 均符合技术文件要求。

3.1.3 凸轮轴相位情况

复查装机凸轮轴的凸轮型面检验记录, 符合图

纸要求。检查装机 A1-A2-A3 段及段凸轮轴的凸轮交叉点位置，均符合图纸及技术文件要求。型面，符合图纸要求。复检进排气凸轮相位、气阀

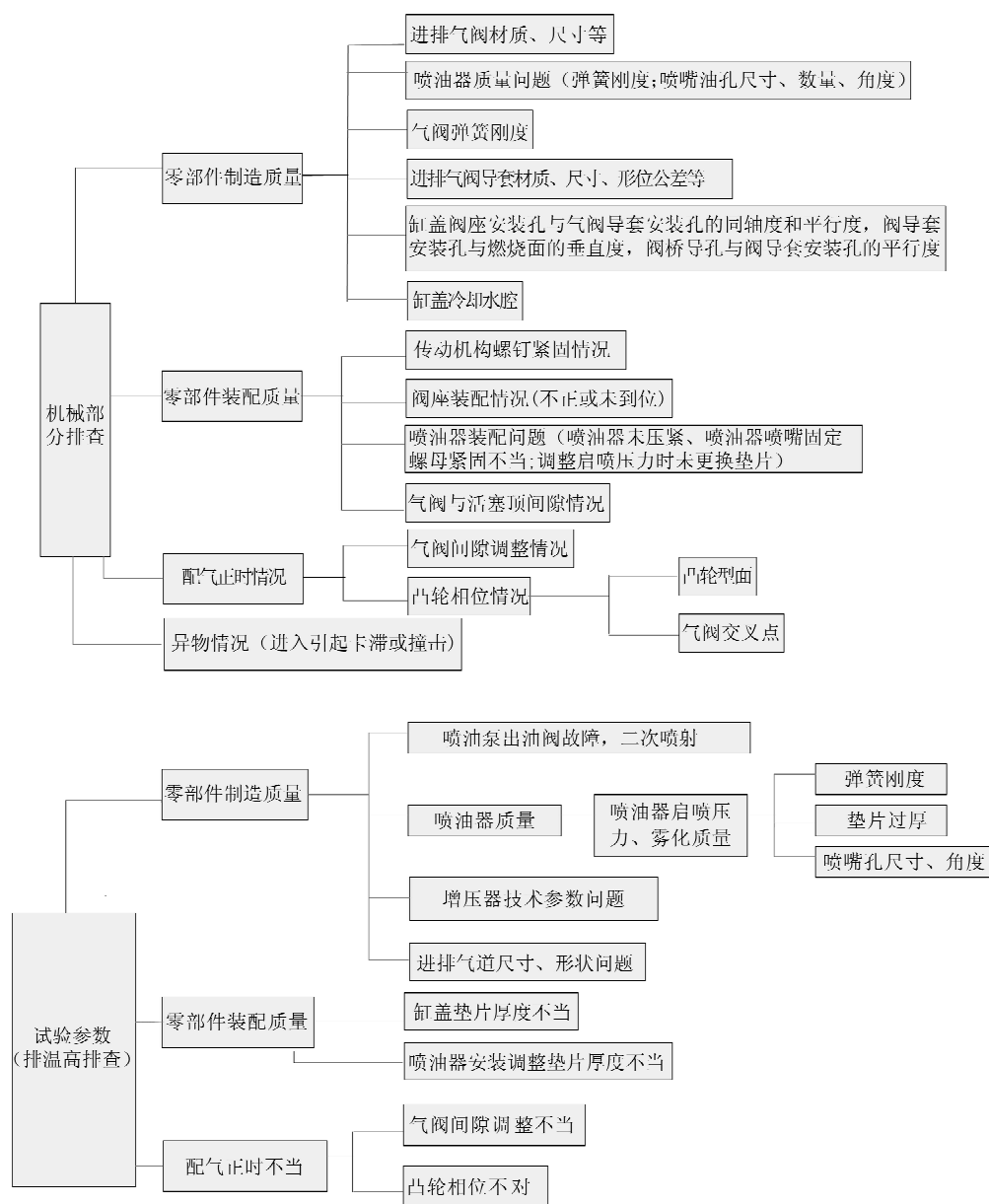


图 5 故障树

3.1.4 异物进入

对从进气道、排气道、A2 缸内及 A、B 排增压器内收集到的碎块做材质分析。分析表明碎块属进、排气阀及活塞顶, 未发现其他成分。

对收集到的金属碎片进行断口分析, 得到如下结论:

(1) 根据进、排气阀阀杆断口形貌分析: 进气阀阀杆属脆性断裂, 过载形貌; 排气阀阀杆属疲劳特征。

(2) 根据喷油器喷嘴断口形貌分析: 喷油器属机械损伤。

(3) 根据进排气阀导套断口形貌分析: 导套

断口属脆性断裂。

从以上断口情况分析可以得出结论: 排气阀首先断裂, 进而引起进气阀及导套断裂。综合机械部分排查结果, 喷油器雾化质量存在一定问题, 不排除喷油器本身制造质量因素。

3.2 试验数据 (排温高) 排查

3.2.1 零部件质量

复查喷油泵装配、试验记录, 符合技术要求。进、排气道图纸技术状态及铸造模具未发生变化。可以排除由于喷油泵质量问题造成二次喷射, 及进排气道尺寸异常引起排温高的可能。

(下转第 60 页)

损现象。

在排查过程中发现：起动空气进气管路未安装有效的过滤装置，故清洁度问题是导致缸套异常磨损的可能一个因素。

(2) 滑油润滑性能

在柴油机运行初期，摩擦副各间隙，尤其是活塞与缸套间隙，相对于柴油机运行至中、后期时的摩擦副各间隙，明显更小。因此，在滑油压力有保证的前提下，流动性好的滑油更加适合运行初期的柴油机使用。在间隙较小的情况下，流动性好的滑油能够更加迅速、有效地建立起润滑效果更好的油膜。在活塞高速运动时，该油膜不容易出现间断，从而减小了因润滑不良而发生缸套异常磨损的可能性。因此，在柴油机运行初期，CD30 滑油要比 CD40 滑油更加适用。

5 改进措施

基于对以上引发故障的可能因素的分析，提出

(上接第 55 页)

结合机械部分排查结果，喷油器存在制造质量问题。由于喷油器起喷压力低、雾化质量差，燃烧不良，导致排温及油耗偏高。

3.2.2 零部件装配质量

复查缸盖垫片厚度及喷油器调整垫片厚度，均符合图纸要求。

3.2.3 配气正时排查

从机械部分排查结果看，配气正时符合图纸和技术文件要求。

综合试验数据排查结果：喷油器质量问题是导致排温及油耗过高的主要因素。

4 故障原因分析

根据排查结果：喷油器喷孔尺寸、喷孔角度及弹簧刚度不符合图纸要求，造成起喷压力低，燃油雾化质量差，过多燃油喷入缸内，致使排温高、供油齿条格数偏大、油耗高、积炭严重。过多的积炭

以下改进措施：

(1) 在满足产品图纸要求下，内控活塞顶外圆尺寸，增大活塞顶与缸套的配合间隙；

(2) 在起动空气管路上增加空气过滤装置，保证进入缸内气体的清洁度；

(3) 针对台架底梁的地脚螺栓，要求在螺栓扳紧后做刻线标记，定期检查刻线的对齐情况；

(4) 柴油机台架就位前检查台架导轨平行度和平面度，台架两导轨的平行度控制在 0.20 mm/全长以内；

(5) 参照专利方技术标准，降低延伸率要求，在满足技术要求的前提下，提高机身缸盖座面的硬度至 210 HBW 以上；

(6) 磨合与交货试验均使用 CD30 滑油。

实施上述改进措施后，后续多台柴油机均未出现缸套异常磨损故障。

在扫气过程中窜入排气阀阀杆与导套间（由于进气压力大于排气压力，积炭不会进入进气阀与导套之间），造成阀杆与导套间磨损；且由于阀杆与导套之间的间隙很小（0.08 mm），致使阀杆与导套发生干涉、粘接，导致排气阀弯曲，进而引起排气阀疲劳断裂。从断口分析看，阀杆与导套间的磨损也全部发生在排气阀与排气阀导套；且排气阀为疲劳断裂，进气阀为过载脆性断裂。说明排气阀首先断裂，排气阀断裂后，阀盘在气缸内自由运动，导致 A2 缸活塞顶、缸盖燃烧面、进气阀、喷油器喷嘴、喷油器连接管等零部件损坏。

5 结论

综合分析，导致 PA6B 柴油机进排气阀断裂的原因为喷油器制造存在质量问题。排气阀断裂后引起 A2 缸活塞顶、缸盖燃烧面等零部件损坏。更换合格的喷油器及相关损坏的零部件后，故障消除。