

使用维修

某大功率柴油机气缸套拉缸故障分析

李全帅, 扈钰涛, 许志强, 师帅楠, 赵清旭, 代国辉

(河北华北柴油机有限责任公司, 河北 石家庄 050081)

摘要: 某大功率柴油机小修过程中, 内窥镜检查发现第8缸气缸套有纵向划痕, 未发现其他异常。针对该拉缸故障, 从整机拆解后的零部件情况、影响拉缸的因素等方面着手, 用排除法查找故障原因。分析表明: 该拉缸故障系中冷器焊渣脱落造成, 并就此提出了预防措施。

关键词: 气缸套; 拉缸; 异物

中图分类号: TK423.2; TK428

文献标识码: B

文章编号: 1001-4357(2017)01-0054-03

0 引言

柴油机的气缸是气体压缩、燃烧和膨胀的空间, 并对活塞起导向作用。燃烧过程中燃气温度和压力很高, 气缸内壁直接受高温高压燃气作用, 而外壁则受到冷却水的冷却。在内外壁温差及爆发压力作用下, 气缸套承受机械应力和热应力, 因此要求气缸套要有足够的强度和刚度, 并保证在工作时不至于有过大的变形。气缸套还承受活塞的侧压力, 而且活塞在其表面作高速相对运动, 使气缸内壁(即气缸镜面)受到强烈摩擦, 在润滑不良、进气脏污、冷车起动以及不正常燃烧等情况下都会造成气缸镜面的强烈磨损。所以它是柴油机磨损最严重的表面之一, 也是决定柴油机大修期的重要因素之一。

某大功率柴油机小修过程中, 内窥镜检查发现第8缸气缸套有纵向划痕, 未发现其他异常。本文针对该拉缸故障, 从整机拆解后的零部件情况、影响拉缸的因素等方面着手, 用排除法查找故障原因, 为后续试验提供依据。

1 整机拆检情况

整机返厂后, 对柴油机进行分解检查。检查柴油机外围各连接部位未见跑、冒、滴、漏、松情况。

检查增压器进排气叶轮, 未见异常, 见图1。

检查各缸燃烧室, 均表现良好, 未见异常; 第8缸气缸套有较深的划道, 其它气缸套未见异常, 见图2。

轴瓦、轴颈、挺柱、连杆小头衬套、供油、配气凸轮轴衬套均未见异常, 见图3~图8。

检查活塞组件, 发现第8缸活塞火力岸横纹上有拉伤痕迹, 第1、2道活塞环之间的活塞表面发现有异物挤压、镶嵌的微小环状痕迹, 见图9, 其它活塞未见异常。

检查缸盖气门座圈和气门的工作情况, 未发现异常; 拆检过程中检查柴油机预行程, 未见异常; 检查各主要螺栓的拧紧力矩, 均正常。



图1 增压器

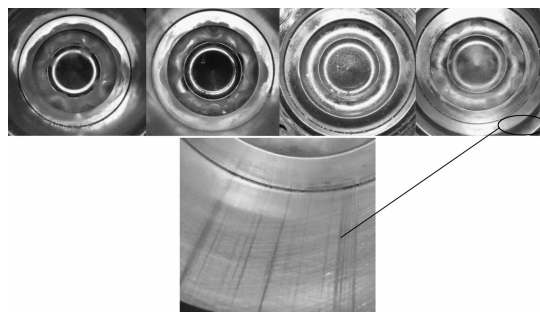


图2 燃烧室



图3 连杆瓦

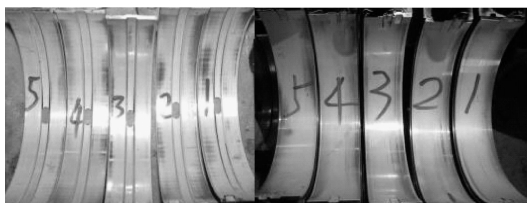


图 4 主轴瓦

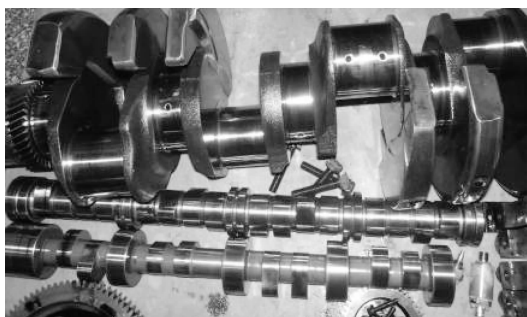


图 5 曲轴、供油凸轮轴、配气凸轮轴



图 6 挺柱

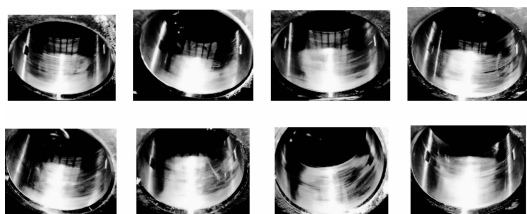


图 7 连杆小头衬套

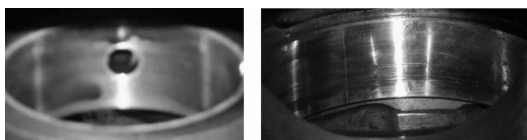


图 8 供油凸轮轴衬套、配气凸轮轴衬套

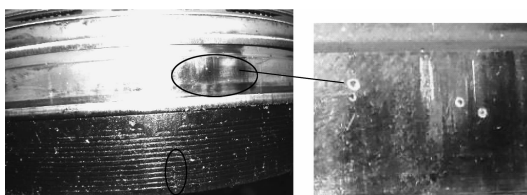


图 9 活塞

2 故障原因分析

根据拆检后检查，主要摩擦副，包括连杆瓦、主轴瓦、气缸套、连杆小头衬套、供油凸轮轴衬

套、配气凸轮轴衬套等，除第 8 缸气缸套及活塞火力岸有拉伤外，其它均未发现异常磨损，可以排除润滑系统失效引发故障的可能。

从第 8 缸单独出现拉缸及活塞表面拉伤的现象分析，可能有以下三种故障可能原因：

- (1) 第 8 缸冷却喷嘴和单向阀工作异常；
- (2) 活塞、气缸套或活塞环本身存在缺陷；
- (3) 由燃烧室外部进入少量异物。

一，第 8 缸冷却喷嘴和单向阀工作异常。拆检过程中检查了冷却喷嘴的喷射角度，并在拆检后检查了单向阀的开启压力，均符合设计要求。

二，活塞、气缸套或活塞环本身存在缺陷。柴油机完成出厂验收试验后，随整车完成行驶里程试验，如果零部件本身存在缺陷，该缺陷在柴油机燃烧室高燃烧压力、高燃烧温度以及各种振动的作用下，在较短的时间内就应该表现出来，且拆检过程中对活塞、缸套和活塞环的检查也未见明显剥落、裂纹等问题，可排除此问题。

三，由燃烧室外部进入少量异物。此种情况，通常是空气滤失效或进气系统清理不净造成异物进入，继而出现拉缸。在拆检过程中，检查了柴油机的进气系统，发现增压器叶片完好、进气管内干净无异物。根据第 8 缸活塞表面多处异物挤压、镶嵌的微小环状痕迹（见图 9），且位置与缸套和活塞拉伤的位置基本吻合的现象，可以排除空气滤失效问题，分析有个别硬质异物进入。为了确定异物具体成分以便分析其来源，采用场发射扫描电镜及其附件能量分散谱仪对从活塞上取得的样品进行形貌观察和成分分析。活塞侧壁亮斑位置形貌见图 10，从局部放大图可见，亮斑是由异物颗粒被强行挤入活塞侧壁所形成；由于异物颗粒挤入，导致颗粒周边铝合金基体材料发生隆起变形，虽经活塞后续往复运动，但其隆起变形特征清晰可见。

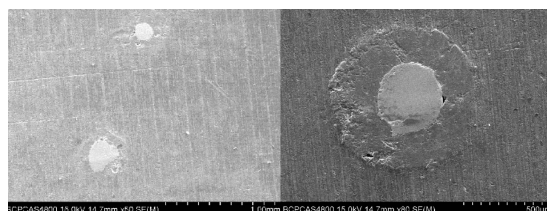


图 10 活塞表面发亮位置

对异物颗粒进行成分分析，结果见表 1 和图 11。数据表明：该颗粒物主要成分为 Fe、Ni、Cr，属高温合金成分。同时在活塞局部沟槽内观察到颗粒状异物形貌见图 12，其成分分析结果见表 2 和图 13。成分分析表明：沟槽内镶嵌的异物颗粒与

前述异物颗粒的成分基本相同,均为 Fe、Ni、Cr,质地密实,无孔隙,尺寸与沟槽尺寸接近。从材料力学知识可以判断,该异物颗粒(Fe-Ni-Cr 合金)的硬度高于活塞铝合金基体(Al-Si 合金)的硬度。因此可以判断沟槽的形成与该异物颗粒在活塞侧壁滑动有关。

表 1 亮斑颗粒物成分分析

单位: wt%

元素名称	C	O	Cr	Fe	Ni	Al	Si	S	Zn
No. 1	7.91	0	0	88.81	0	0	1.24	0	0
No. 2	10.90	0	6.17	81.79	0	1.13	0	0	0
No. 3	7.13	2.92	11.27	22.86	55.81	2.53	0	0	0
No. 4	8.60	2.53	22.85	45.96	16.41	0	0.83	1.12	1.70
平均	8.64	1.36	10.07	59.86	18.06	0.91	0.52	0.28	0.43

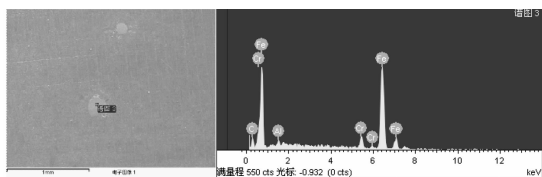


图 11 样品亮斑位置典型能量分散谱(EDS)及对应分析选区图

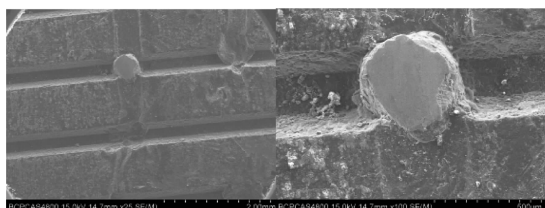


图 12 样品划伤位置存颗粒形貌

表 2 样品划伤颗粒能谱分析结果

单位: wt%

元素名称	C	O	Cr	Fe	Ni	Si	P
含量	9.04	17.99	4.24	62.94	2.78	2.39	0.63

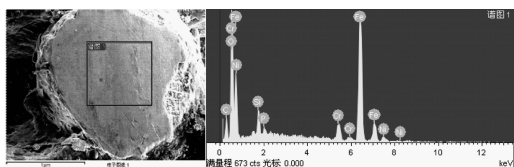


图 13 颗粒典型能量分散谱(EDS)及对应分析选区图

根据上述对异物成分的分析可以判断:造成第 8 缸活塞和气缸套拉伤的原因为异物进入所致,且异物的成分为 Fe-Ni-Cr 合金。同时可排除零部件本身质量问题引发故障的可能。通过对 Fe-Ni-Cr 合金分析,其应属于金属焊渣成分。因此,对燃烧室以外的进气系统中属于焊接结构的零件,包括柴油机进气平衡管、中冷器、空气滤及连接管进行逐

一排查。

柴油机进气平衡管为 20 号钢的管件焊接结构,加工时使用的焊条为 Fe-Si-Mn 材料,与焊渣成分不符。另外,进气平衡管安装于柴油机联轴器端,与出现问题的第 8 缸相距最远,且柴油机工作时的进气是从第 4 缸和第 8 缸向第 1 缸和第 5 缸流动(见图 14),平衡管处于第 1 缸和第 5 缸之后的末端位置。检查管路内部,未见明显焊接物脱落痕迹,可排除进气平衡管焊渣脱落引发故障的可能。

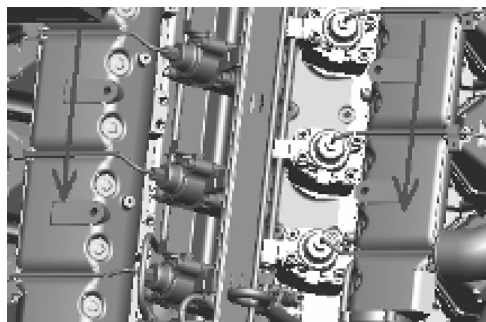


图 14 柴油机进气流向示意图

根据拆检情况,未发现增压器叶片有异常损伤痕迹,说明异物的来源不在增压器之前,可排除空气滤及连接管的因素。

中冷器处于增压器和柴油机进气管之间,属于整车部件,不能排除其存在焊渣脱落的可能。对中冷器脱落的焊渣进行化学成分检测,结果为 Fe-Ni-Cr 合金。

综上分析,此次柴油机第 8 缸气缸套及活塞拉伤故障系中冷器焊渣脱落造成。

3 结 论

通过分析梳理可能造成柴油机拉缸的各关联环节,以及对异物的检查,确定其材料的成分属性,进而查找与之相关的零部件,结合前后差异,得出了拉缸故障的根本原因。

建议在柴油机装车之前,重点检查与柴油机相连接的管路,包括中冷器的进气、排气以及增压器的进气管路等,防止由于零件本身加工质量导致柴油机发生重大故障。

参考文献

- [1] 杨连生. 内燃机设计 [M]. 北京: 中国农业机械出版社, 1981.
- [2] 史绍熙. 柴油机设计手册 [M]. 北京: 中国农业机械出版社, 1984.
- [3] 周龙保. 内燃机学 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2005.