

使用维修

某大功率主机缸套活塞异常磨损原因分析

岳三民, 胡明翔, 焦健强, 马德桦

(陕西柴油机重工有限公司, 陕西 兴平 713105)

摘 要: 针对某型大功率柴油机在实船使用工作过程中出现缸套、活塞、活塞环大范围异常磨损的故障, 通过对相关零部件制造质量和装配质量的分析, 并结合柴油机故障报警情况, 得出: 故障原因系活塞销内套管弹性挡圈断裂, 致使润滑油无法正常供给, 最终导致缸套异常磨损。

关键词: 大功率柴油机; 缸套; 磨损; 零部件

中图分类号: TK423.3⁺3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2018)02-0056-02

0 引 言

活塞和气缸套是柴油机燃烧室的重要组成部分, 燃烧室部件受高温、高压以及冷却水的腐蚀和穴蚀作用, 工作条件最为恶劣。而一旦燃烧出现异常将直接导致柴油机各性能指标异常, 严重时损坏相关零部件。缸套异常磨损在各型柴油机中时有发生, 下面针对某主机缸套异常磨损故障进行分析。

1 故障描述

该型主机在系泊试验结束, 测速试航过程中, 某缸发出异常响声, 柴油机曲轴箱防爆门打开, 与此同时油雾浓度探测器发生报警。故障发生后对该缸进行了吊缸检查, 活塞外表面和缸套内表面磨损严重, 活塞销孔一侧卡内套管的弹性挡圈缺失, 内套管从过渡圆角处断裂, 油底壳内有大量金属粉末, 如图 1、2 所示。发生故障时, 该主机试航累计运行 100 h 左右。

经现场勘察, 活塞顶、裙均有不同程度的磨损。活塞裙部磨损严重, 沿活塞裙部一周约 70% 存在不同程度纵向拉痕, 拉痕最深约 3 mm, 裙部石墨层基本磨掉, 活塞裙外表面呈现金属铝合金颜色。缸套内表面受损, 有五处大面积擦痕。其中沿活塞销轴向方向的两处比较严重, 擦痕部位有金属高温熔灼变黑现象。

进一步拆检发现: 活塞销内套管从靠自由端一侧过渡圆角处断裂, 自由端侧挡圈缺失, 输出端侧挡圈完好, 在柴油机油底壳内找到五段断裂挡圈和部分金属残留物。盘车检查该机其余各缸缸套, 表面无异常磨损。



图 1 活塞外表面和缸套内表面



图 2 活塞销内套管和内套管弹性挡圈

2 故障可能原因分析

该柴油机活塞、连杆与缸套装配关系如图 3 所示。活塞为钢顶、铝裙组合式, 通过滑油振荡冷却。活塞销为空心浮动式, 两端用钢质卡环定位, 活塞销孔内装有一套管, 与活塞销形成环形冷却油腔, 来自连杆的冷却滑油经此流向活塞顶部。活塞上共有 6 道活塞环, 分别为 1 道顶环, 3 道压力环和 2 道刮油环。位于活塞裙上的第二道刮油环槽处钻有油孔, 刮下的滑油经此孔流至油底壳。

该型柴油机故障前累计运行 100 h, 缸套活塞进行了充分的磨合, 柴油机各项性能参数均正常, 交货结束后曾对此次故障缸进行过拆检, 未发现异常。

从此次故障的最后拆检情况初步判断: 内套管

定位弹性挡圈断裂直接导致了缸套磨损。围绕造成弹性挡圈断裂可能原因的分析如下：

(1) 弹性挡圈部件质量不合格 挡圈质量不符合要求，使得挡圈与挡圈槽装配后的间隙过大，挡圈松动脱落后导致内套管外蹕，进而引起缸套磨损。

(2) 挡圈与挡圈环槽装配不达标 弹性挡圈未完全进入挡圈槽内，在柴油机运转过程中因长期振动挡圈脱落，内套管外蹕导致缸套异常磨损。

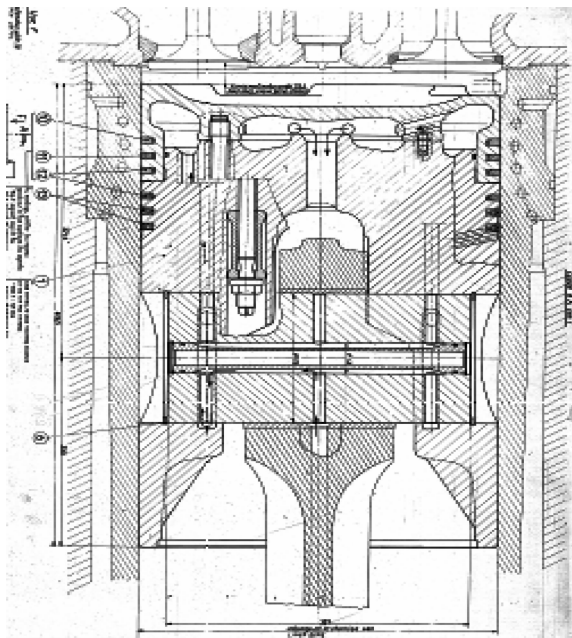


图 3 活塞、连杆与缸套装配关系

3 故障排查

根据故障可能原因对相关零部件开展排查。

3.1 弹性挡圈制造质量

(1) 挡圈材料检查

该弹性挡圈专利方材料为 XC75 弹簧钢，根据中法材料对照表以及专利方确认意见，对照国产材料为 65Mn 弹簧钢（GB/T893.1 - 1986），对损坏弹性挡圈取样分析，检测结果见表 1。

检测结果表明，弹性挡圈的化学成分存在不合格现象。另外，2 件弹性挡圈的材料硬度检测结果分别为：洛氏硬度 HRC41.1 和 HRC39.7。而 GB/T 893.1 - 1986 对 65 Mn 孔用弹性挡圈的热处理硬

度要求值为洛氏硬度 HRC44 ~ 51。因此故障件材料硬度也不符合国标要求。

(2) 挡圈尺寸

根据专利方图纸要求以及对照国标件要求，该孔用挡圈的基本尺寸 D （外径）为 $\Phi 45.5^{+0.9}_{-0.39}$ ，挡圈的厚度 S 为 $1.5^{+0.06}_{-0.15}$ ，对挡圈尺寸进行测量，基本尺寸为 45，厚度为 1.48。可见挡圈的外径没有满足国标件要求。

3.2 挡圈装配质量

复查活塞销装配记录，未见异常，装配符合工艺要求。鉴于弹性挡圈的装配不具备可追溯条件，引用活塞销及挡圈在尺寸全部符合条件的情况下做模拟安装试验。试验结果表明：挡圈不存在未完全进入挡圈槽的可能，见图 4。因此可以排除由于挡圈未完全进入挡圈槽引起缸套磨损的可能。

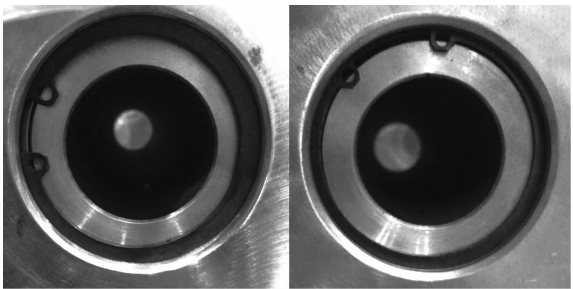


图 4 活塞销内套管弹性挡圈

4 结 论

根据上述排查结果分析认为：此次故障系弹性挡圈质量不合格，使用过程中自身失效引起。弹性挡圈长期受热失效，在柴油机运行过程中脱落，一方面导致缸套与活塞异常磨损；另一方面导致内套管从一端蹕出，由原来简支梁变成悬臂梁，引起受力异常，在活塞运动的牵引下致使内套管端部受剪切力，最终发生断裂。内套管断裂导致从连杆来的润滑油无法流到活塞顶部，同时也使活塞与缸套之间的润滑油供应中断，润滑失效，加剧了缸套的异常磨损。

建议加强对缸套活塞运动组件的检查，严格控制零部件的制造质量，避免类似故障的发生。

表 1 挡圈材料化学成分

项目	C	Si	Mn	Cr	P	S	Ni
要求	0.52% ~ 0.70%	0.17% ~ 0.37%	0.90% ~ 1.20%	≤0.25%	≤0.035%	≤0.035%	≤0.25%
断裂件	0.44%	0.20%	0.82%	0.021%	0.020%	0.005%	0.014%
完整件	0.42%	0.31%	0.78%	0.04%	0.008%	0.011%	0.013%