

结构与可靠性

水冷柴油机气缸垫渗油问题分析与研究

刘云霞, 何剑丰, 李 萍, 刘英华, 李建惠

(河北华北柴油机有限责任公司, 河北 石家庄 050081)

摘 要: 针对装有 1015 系列柴油机的某型车试车时气缸垫与箱体结合面处有不同程度的油迹, 疑是气缸垫失效导致渗漏问题, 结合气缸垫、缸盖和箱体的安装、尺寸计算, 对该现象进行了分析, 并通过试验验证, 确定了导致该现象的真实原因, 并提出了优化措施, 该问题得到解决。

关键词: 水冷柴油机; 气缸垫; 渗油; 优化

中图分类号: TK423.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2013)06-0029-04

Analysis and Research on Leakage Problem of
Water Cooled Diesel Engine Cylinder Head Gasket

Liu Yunxia, He Jianfeng, Li Ping, Liu Yinghua, Li Jianhui

(Hebei Huabei Diesel Engine Co., Ltd., Hebei Shijiazhuang 050081)

Abstract: A 1015 series diesel engine installed on vehicle met with leakage problem, and oil stain was discovered at the connecting area of cylinder gasket and cylinder block. It was suspected to be caused by gasket failure. Analysis on this phenomenon was carried out based on the installation and dimension calculation of cylinder gasket, cylinder head and block. And by experimental verification, the causes of this failure were confirmed, optimization measures were put forward and the problem was solved at last.

Keywords: water cooled diesel engine; cylinder head gasket; oil leakage; optimization

0 引 言

1015 水冷系列柴油机气缸垫、气缸盖和箱体装配在一起, 缸盖底面与压缩终了时的活塞顶部组成一个密封燃烧室, 为了保证密封, 在缸盖和箱体之间装有气缸垫。气缸垫(图 1)采用薄钢板, 水道孔、油道孔、燃烧室密封孔采用橡胶圈与薄钢板硫化粘结, 粘接强度 ≥ 3 MPa, 能有效承受最高燃烧压力达 15.5 MPa 的冲击, 保证燃烧室密封, 防止漏水、漏油、漏气。

气缸垫失效将导致燃烧室密封不严并造成局部漏气, 使高温高压的气体冲出燃烧室, 造成气缸套变形, 密封阻水圈损坏以及缸盖和缸体之间过梁处受高温高压气体的冲击, 导致烧蚀沟痕, 致使维修困难或机件报废, 特别是对压缩比大、比功率高、

高增压的进口发动机更为突出。这些情况将严重影响发动机的使用经济性及可靠性。

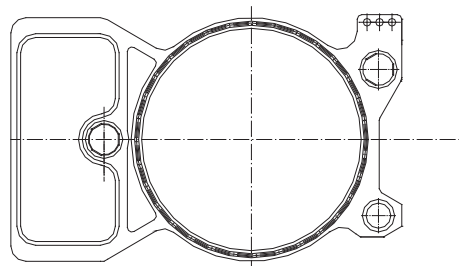


图 1 气缸垫结构示意图

1015 水冷系列柴油机气缸垫设计时满足以下要求:

(1) 在高温、高压燃气作用下有足够的强度, 不易损坏;

收稿日期: 2013-03-06; 修回日期: 2013-06-19

作者简介: 刘云霞(1969-), 女, 工程师, 主要研究方向为发动机零部件设计, E-mail: 986535305@qq.com。

- (2) 耐热和耐腐蚀性好，即在高温、高压燃气作用下和在有压力的机油及冷却水的作用下，不会烧损或变质；
- (3) 具有一定的弹性，能补偿接合面的平面度，以保证密封；
- (4) 拆装方便，能重复使用，寿命长。

1 实例分析

就 1015 系列水冷柴油机气缸垫处渗油实例进行分析。

1.1 现象描述

装有 1015 系列柴油机的某车在试车时，发现多台柴油机气缸垫与箱体结合面处有不同程度的油迹，怀疑是从气缸垫处渗漏，见图 2、图 3。



图 2 漏机油部位示意图

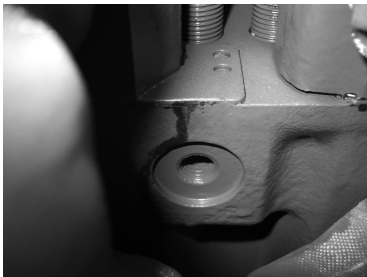


图 3 漏机油部位示意图

1.2 拆检情况

抽取一台油迹较多的柴油机进行拆检。拆卸缸盖前对缸盖螺栓的拧紧力矩进行了检测，满足检验力矩 300 (N·m)，缸盖螺栓裸露部分有机油，见图 4。拆检后目测检查气缸垫等零部件没有异常，箱体螺栓孔内存有 3 ~ 4 mm 机油。

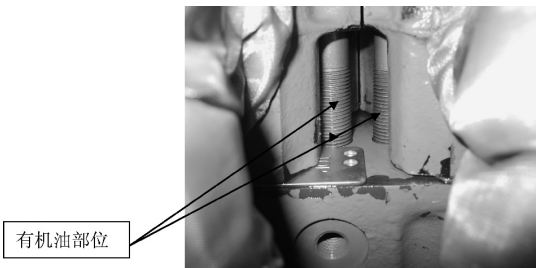


图 4 漏机油部位示意图

1.3 原因分析

根据柴油机的工作原理和气缸垫、气缸盖的安装情况，初步分析认为：造成气缸垫和箱体结合面有油迹的原因可能有以下几种：

- (1) 缸盖螺栓拧紧力矩不足，引起气缸垫渗油；
- (2) 气缸垫橡胶厚度尺寸设计不合理，密封不严引起渗油；
- (3) 气缸垫的质量问题，气缸垫外形尺寸、缸垫的硬度和橡胶的变形量不符合设计要求；
- (4) 安装时缸盖螺栓涂机油较多，随着柴油机的振动和发热，螺纹间隙处的机油流出，造成箱体和气缸垫结合面渗油的假象。

为了进一步确认故障原因，对上述可能的故障原因进行逐一分析、验证。

首先为排除其他零件对气缸垫密封的影响，对 3 台缸体安装缸套的止口深度尺寸 8.9 ± 0.03 mm 及 3 件缸套台肩的厚度尺寸 $9.02^{0}_{-0.02}$ mm 进行检测，检测结果均符合要求，具体数据见表 1。

表 1 曲轴箱及缸套检测数据

单位：mm

零件名称	要求值	检测值			备注
曲轴箱	8.9 ± 0.03	8.915	8.92	8.905	合格
缸套	$9.02^{0}_{-0.02}$	9.01	9.02	9.02	合格

对所有缸盖螺栓的拧紧力矩进行检测，检测结果满足检验力矩 300 (N·m) 的要求，所以可以排除因缸盖螺栓拧紧力矩不足引起气缸垫与箱体结合面渗油的可能。

气缸垫的安装如图 5 所示。

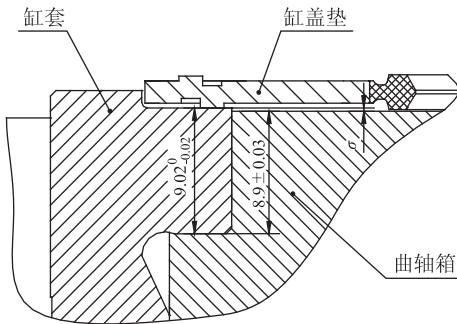


图 5 气缸垫安装示意图

对气缸垫橡胶厚度尺寸计算如下：

- (1) 箱体凸台尺寸 8.9 ± 0.03 mm，缸套台肩尺寸 $9.02^{0}_{-0.02}$ mm，经计算缸套和箱体安装面间隙为：
 $\delta_{\min} = (9.02 - 0.02) - (8.9 + 0.03) = 0.07$ (mm)
 $\delta_{\max} = 9.02 - (8.9 - 0.03) = 0.15$ (mm)

(2) 气缸垫密封橡胶厚度为 $B=t+0.7\pm 0.05$ mm, 计算密封橡胶的实际变形量。由于缸垫上下凸起部分最大各为 0.25 mm, 实际安装时缸垫凸起部分处于压平状态, 所以计算橡胶变形量时不考虑缸垫的凸起尺寸。

橡胶厚度最小时: $\Delta_{\min}=0.65-0.15=0.5$ (mm),
橡胶厚度最大时: $\Delta_{\max}=0.75-0.07=0.68$ (mm)

(3) 设计的理论变形量

密封橡胶的允许变形量为 20% ~ 30%, 小于 20% 密封效果不佳, 超出 30% 属于永久变形。以 $t=1.6$ mm 的气缸垫为例进行计算, 密封橡胶理论允许的变形量:

$$\Delta_{\min}=(1.6+0.65)\times(20\%\sim 30\%)=0.45\sim 0.675\text{ (mm)}$$

$$\Delta_{\max}=(1.6+0.75)\times(20\%\sim 30\%)=0.47\sim 0.705\text{ (mm)}$$

经比较, 实际最小变形量为 0.5 mm, 在理论允许的最小变形量 0.45 ~ 0.675 mm 之间, 实际最大变形量为 0.68 mm, 在理论允许的最大变形量 0.47 ~ 0.705 mm 之间, 通过计算对比, 实际设计的气缸垫的橡胶厚度尺寸 $B=t+0.7\pm 0.05$ mm 满足性能要求, 可以排除由于气缸垫橡胶厚度尺寸设计不合理, 导致密封不严, 引起渗油。

为了确认气缸垫的质量, 质检人员对气缸垫重新进行检测, 检测结果: 气缸垫外形尺寸符合图样要求, 缸垫硬度满足 90 ~ 120HV, 橡胶变形量 $\leq 30\%$, 完全符合图样要求, 可以排除气缸垫质量问题。

根据拆检、安装、试验情况可以发现:

(1) 缸盖螺栓裸露部分有机油, 箱体螺栓孔内存有 3 ~ 4 mm 机油, 由于装配原因, 安装时缸盖螺栓涂机油较多, 在此情况下, 热车后随着柴油机的振动和发热, 螺纹间隙处的机油渗出;

(2) 安装时缸盖螺栓涂少量机油, 并用油布擦拭, 跑车 30 km 后, 有少量机油渗出;

(3) 安装时缸盖螺栓清理干净, 在螺纹端和头部各用手涂抹少量机油, 跑车 30 km 后, 无油迹渗出。

所以气缸垫标记孔侧和箱体结合面处的油迹是缸盖螺栓孔内的机油渗出。

1.4 验证情况

为了进一步验证气缸垫与箱体结合面渗油的原因, 抽取 5 台 1015 柴油机, 在柴油机试验室进行台架验证试验。

第一台柴油机磨合 30 min 后, 3 缸左侧开始渗

油, 磨合完毕后对渗油位置进行清洗, 同时发现前端吊环处机油较多, 也进行清洗, 然后调试交验, 性能数据交验合格后发现各缸均有渗油现象。于是再次进行清洗, 清洗完毕后柴油机在全速全负荷工况下运行, 运行 10 min 后 4 缸出现轻微渗油, 继续运行 20 min 后 1、4、6 缸均出现轻微渗油, 停机进行清洗, 清洗完毕后再次全速全负荷运转, 运行 15 min 后, 1、4、6 缸再次出现轻微渗油, 但较上次渗油程度有所减轻, 且每次所渗出机油均较清澈, 停机下台架静置(对最后一次出现的轻微渗油未进行清洗)。

第二台柴油机磨合 30 min 后, 4 缸出现渗油, 磨合完毕后对渗油位置进行清洗, 然后调试交验, 性能数据交验合格后发现 1、3、4、5 缸均有渗油现象, 2、6 缸有轻微渗油现象, 于是再次进行清洗, 清洗完毕后柴油机在全速全负荷工况下运行, 运行 30 min 后未再出现渗油现象, 停机下台架静置。

第三台柴油机磨合 20 min 后, 2、4 缸出现渗油, 磨合完毕后对渗油位置进行清洗, 然后调试交验, 性能数据交验合格后发现各缸均有渗油现象, 于是再次进行清洗, 清洗完毕后柴油机在全速全负荷工况下运行, 运行 20 min 后 2、4 缸出现轻微渗油现象, 停机再次进行清洗, 清洗后全速全负荷运行 40 min, 2 缸再次出现轻微渗油, 但较上次渗油程度明显减轻, 且每次所渗出机油均较清澈。停机下台架静置。

第 4 台柴油机磨合 30 min 后, 2 缸左侧出现渗油, 磨合完毕后对渗油位置进行清洗, 然后调试交验, 性能数据交验合格后发现 2、4、5 缸轻微渗油现象, 再次进行清洗, 清洗完毕后柴油机在全速全负荷工况下运行, 运行 20 min 后 2、4 缸再次出现轻微渗油现象, 继续全速全负荷运转 10 min 后, 渗油现象未发生变化, 且每次所渗出机油均较清澈。停机下台架静置。

第 5 台柴油机磨合 20 min 后, 5 缸出现渗油, 磨合完毕后对渗油位置进行清洗, 然后调试交验, 性能数据交验合格后发现 5 缸有渗油现象、2 缸有轻微渗油现象, 再次进行清洗, 清洗完毕后柴油机在全速全负荷工况下运行, 运转 20 min 后未再出现渗油现象, 停机下台架静置。

1.5 静置情况

台架验证试验结束后, 柴油机下台架静置, 第 1 台柴油机静置约 46 h, 第 2 台柴油机静置约 30 h, 第 3 台柴油机静置约 24 h, 第 4 台柴油机静置约 6 h, 4 台柴油机静置后, 渗油现象与下台架时一致, 未

发生新的渗油现象。

1.6 综合分析

根据上述验证情况，针对试验中渗油现象的几个显著特点分析如下：

(1) 每次所渗出机油均较为清澈，如是气缸垫密封不严，则渗出的机油应为柴油机内部的机油，其颜色应偏黑色；

(2) 清洗之后一次比一次渗油程度减轻，如是气缸垫密封不严，则清洗不会减少渗油的程度，清洗完后再次运行柴油机，渗油现象应会继续发生且渗油程度不会减轻；

(3) 柴油机静置后渗油现象未再继续发生：如是气缸垫密封不严，则静置时因缸盖内有残余机油，残余机油应会继续渗出。

综上所述，可以确定柴油机气缸垫部位的渗油非柴油机内部的机油，而是柴油机在装配过程中缸盖螺栓刷涂的机油，在柴油机运转过程中随着柴油机的振动及温度的升高，刷涂的机油渗出并沿气缸垫与箱体结合面渗出，造成了气缸垫渗油的假象。

2 解决措施

在工艺上采取以下改进措施：

(1) 在安装气缸垫的工位处，配置 30 mm×25 mm×4 mm 海绵块，将海绵块浸入机油里，然后取出，并将把机油挤出，放置在工作台上；

(2) 缸盖螺栓的螺纹部分和螺栓头部在浸泡过机油的海面上滚涂机油，滚涂后不允许有滴油现象。

3 措施验证

采取上述改进措施后，经过一年多的验证，近 500 台柴油机无论在出厂时进行的 2 h 磨合试验，还是交付用户整车使用，该部位再无渗油现象发生。

参考文献

- [1] 刘勇. 柴油机气缸垫的损伤与预防[J]. 交通科技与经济, 2010, 59(3).
- [2] 李金学. 车用发动机气缸衬垫烧蚀故障的原因与预防[J]. 客车技术与研究, 2002, 25(4).
- [3] 郝刚, 苏海峰. 发动机气缸垫失效的原因分析及其预防[J]. 石家庄职业技术学院学报, 2006, 18(6).
- [4] 李人宪. 车用柴油机[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2008.
- [5] 王定祥. 现代工程机械柴油机[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.

(上接第 17 页)

4 结束语

所开发的船用柴油机预装作业区日程生产管理系统已得到初步应用，通过小日程任务单提前发现与理清生产过程中不确定生产因素，大幅提高了预装作业区组织协调与作业统计效率。通过实施 5S 整改单，使作业区的清洁生产有了进一步提高。通过数据统计分析，发现自身问题并开展培训，提高员工作业能力与素质。在网络平台下实现了数据集

成共享，所有基础数据可追溯查询，可为各生产管理环节提供基础数据支撑。

参考文献

- [1] 乔林. 参透 Delphi/Keylix[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
- [2] 马培根. 柴油机清洁度与可靠性问题浅析[J]. 机械研究与应用, 2008(10).