

DOI:10.12374/j.issn.1001-4357.2022.01.007

某型水冷 V 型八缸柴油机异常停机问题分析

李全帅¹, 耿文耀¹, 张伟民², 陈正虎², 邓雅冲³, 王兆洋¹

(1. 河北华北柴油机有限责任公司, 石家庄 050081;

2. 陆军驻石家庄第三军事代表室, 石家庄 050081;

3. 陆军驻天津军事代表室, 天津 300000)

摘要: 某装配了 TCD2015 柴油机的车辆在行驶时出现异常停机故障, 针对此故障进行排查分析, 结果表明: 低速时机油压力设计限值偏高是造成此次故障的直接原因。对此给出有针对性的改进措施, 经试验验证, 改进措施有效。

关键词: 异常停机; 故障树; 机油压力限值

中图分类号: TK428 文献标志码: B 文章编号: 1001-4357(2022)01-0030-04

Study on Abnormal Shutdown of a Water-Cooled V-Type Eight Cylinder Diesel Engine

LI Quanshuai¹, GENG Wenyao¹, ZHANG Weimin², CHEN Zhenghu²,
DENG Yachong³, WANG Zhaoyang¹

(1. Hebei Huabei Diesel Engine Co., Ltd., Shijiazhuang 050081, China;

2. Shijiazhuang Third Military Representative Office of Army, Shijiazhuang 050081, China;

3. Tianjin Military Representative Office of Army, Tianjin 300000, China)

Abstract: A vehicle equipped with TCD2015 diesel engine has abnormal shutdown during driving. Aiming at the problem, investigation and study was carried out. The results show that the high design limit of oil pressure at low speed was the direct cause of this fault. Improvement measures were given and verified to be effective by tests.

Key words: abnormal shutdown; fault tree; oil pressure limit

0 引言

柴油机的技术状态不仅取决于柴油机零部件及各系统的初始状态, 而且取决于柴油机的使用过程^[1]。在柴油机的使用过程中各项参数是不断变化的, 通过对各项参数的监控可进一步了解柴油机的可靠性, 为后续柴油机的故障判断、寿命提升等提供参考。本文针对柴油机异常停机故

障, 从设计到使用等方面对该故障进行分析, 逐项细化各影响因素并结合柴油机台架试验验证查找故障原因, 为后续整车的匹配和使用提供技术支撑。

1 故障概述

装配了 TCD2015 柴油机 (基本参数见表 1) 的车辆在内蒙古地区 (海拔 1 000 m 左右) 长途行

驶，准备停车时，柴油机出现异常停机情况。通过诊断设备读取车辆数据：在 20:31:51–20:32:06 (15 s) 时段内，柴油机转速由额定转速 2 100 r/min 迅速降低；在 20:31:58–20:32:03 (5 s) 时段内，柴油机处于怠速，机油压力低于设计限值，为保护柴油机自身安全，电控系统执行保护策略，柴油机转速降至 0；后续通过车辆制动系统缓慢停车，此时冷却液温度为 93 ℃，检查整车外围辅助系统连接情况，未发现异常。

表 1 TCD2015 柴油机参数

项目	参数
发动机型式	V 型、8 缸、水冷
缸径×行程/(mm×mm)	132×145

2 故障原因分析

针对停机故障，以柴油机润滑系统为出发点，从设计原因、质量原因和使用原因等 3 方面进行分析，建立以柴油机机油压力低为顶事件的故障树，如图 1 所示。

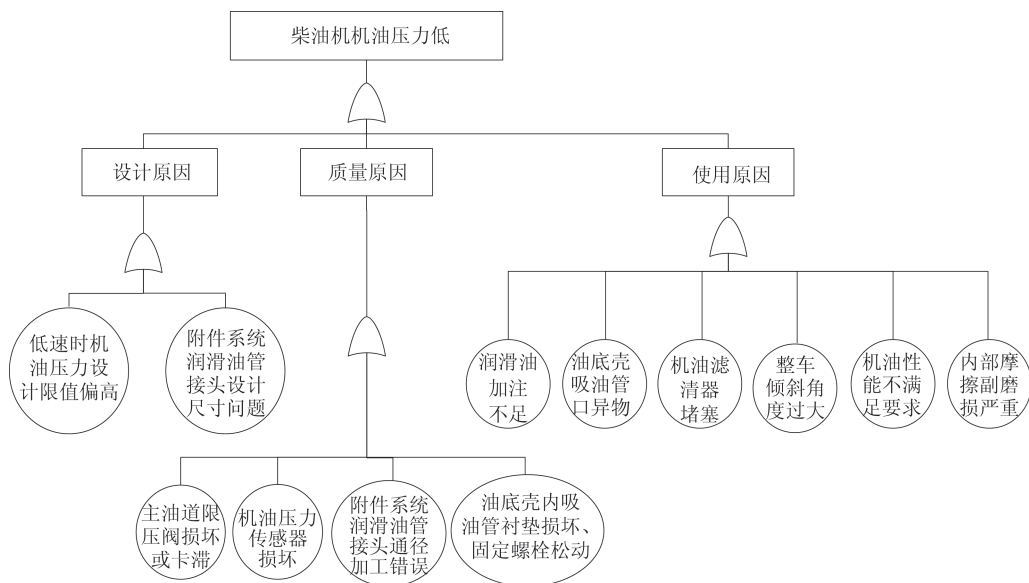


图 1 柴油机机油压力低故障树

2.1 设计原因

(1) 低速时机油压力设计限值偏高

TCD2015 柴油机机油压力报警曲线如图 2 所示，机油温度为 90 ℃，机油牌号为 SAE30：当柴油机转速为 600 r/min 时，机油压力报警限值为 0.1 MPa；当柴油机转速为 1 500 r/min 时，机油压力报警限值为 0.3 MPa；当柴油机转速为 2 100 r/min 时，机油压力报警限值为 0.35 MPa。

选用 1 台 TCD2015 柴油机在台架试验室进行试验验证，为模拟整车工况，整机安装了外围附件系统。试验选取 CF-4 15W-40 牌号机油。试验时将柴油机冷却液温度稳定在 96.5 ℃ 左右，松开油门，柴油机从额定转速 2 100 r/min 降至 600 r/min，此时出现了机油压力低故障报警。随着冷却液温度升高，机油温度逐渐升高，黏度降低，压力下降，直至出现机油压力下降至报警线以下的情况。试验结果如图 3 所示。

从试验结果看，低速时机油压力设计限值偏

高这一原因无法排除。

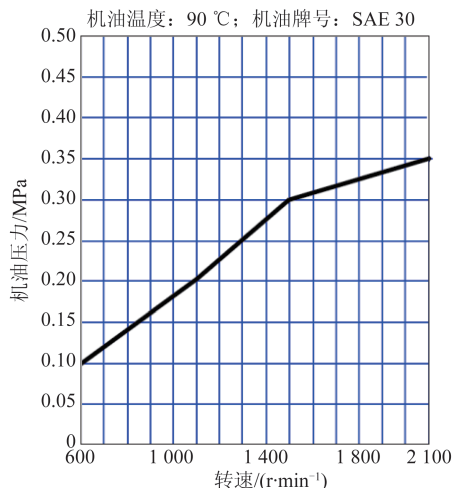


图 2 TCD2015 柴油机机油压力报警曲线

(2) 附件系统润滑油管接头设计尺寸问题

附件系统润滑油管对柴油机润滑能力的建立起到一定的作用，若润滑油管接头设计尺寸不满足要求，如通径偏大，将会导致润滑油道建压能

力下降,从而出现机油压力偏低问题。

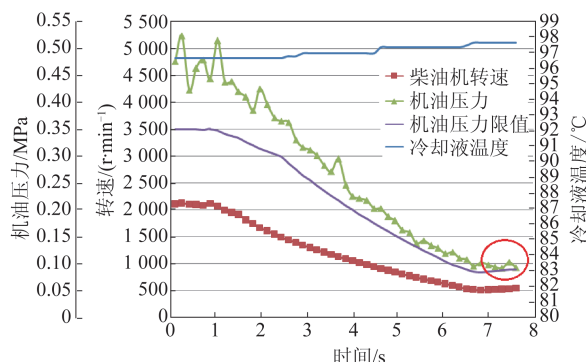


图3 TCD2015柴油机机油压力台架测试试验

选取1台TCD2015柴油机并安装外围附件系统,在冷却液温度为95℃的工况下开展附件系统润滑油管接头对柴油机机油压力影响试验。TCD2015柴油机附件系统润滑油管接头通径设计值为 (1.5 ± 0.2) mm,试验选取通径为1.4 mm、1.68 mm的润滑油管接头。经试验验证,在2种情况下柴油机机油压力均未低于限值要求,如图4所示。因此,该原因可以排除。

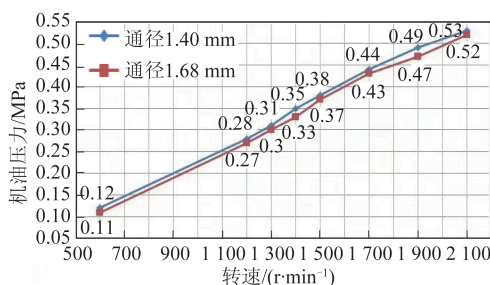


图4 不同通径润滑油管接头对机油压力影响对比

2.2 质量原因

(1) 主油道限压阀损坏或卡滞

主油道限压阀的作用是当机油压力过高时泄压,以维持主油道内压力为正常值。当主油道限压阀损坏或卡滞时,润滑油道内的机油压力较正常运行时低。拆检主油道限压阀,未发现损坏和卡滞情况。因此,该原因可以排除。

(2) 机油压力传感器损坏

当机油压力传感器自身损坏时检测出的机油压力值较正常状态时会有偏差。更换机油压力传感器,对比更换前后柴油机的运行数据,机油压力值未出现明显变化。因此,该原因可以排除。

(3) 附件系统润滑油管接头通径加工错误

TCD2015柴油机附件系统润滑油管接头通径设计值为 (1.5 ± 0.2) mm,若超出该范围,柴油机润滑油道建压能力将下降,导致机油压力偏低。

拆检附件系统润滑油管接头,未发现通径加工错误。因此,该原因可以排除。

(4) 油底壳内吸油管衬垫损坏、固定螺栓松动

油底壳吸油管衬垫损坏或固定螺栓松动会导致机油泵吸油能力下降,润滑系统机油流量减少,进而出现机油压力低问题。观察放出的机油,未发现机油内存在异物;在柴油机低转速情况下,油底壳外围未听到异响。因此,该原因可以排除。

2.3 使用原因

(1) 润滑油加注不足

柴油机润滑系统正常工作须加注一定量的润滑油。在车辆运行前,须检查柴油机润滑油是否在要求的量油尺刻线内,若低于下刻线,则须补充润滑油,以保证柴油机正常工作。如果润滑油量低于下刻线,工作时润滑油温度上升,黏度降低,主油道机油压力相应降低。发车前通过插拔量油尺检查油底壳内润滑油量,未发现润滑油量低于下刻线情况。因此,该原因可以排除。

(2) 油底壳吸油管口异物

若油底壳吸油管口有异物,吸入润滑油道内的机油会大量减少,导致柴油机机油压力降低,特别是在高转速工况下影响明显。观察放出的机油,未发现机油内存在异物。读取试验数据并与正常台架试验数据进行比较,机油压力相差不大,说明机油泵吸入口未出现异物堵塞情况。因此,该原因可以排除。

(3) 机油滤清器堵塞

机油滤清器发生堵塞会导致润滑油道内的机油流量降低,柴油机机油压力下降。拆检机油滤清器,未发现机油滤清器存在堵塞情况。因此,该原因可以排除。

(4) 整车倾斜角度过大

当整车倾斜角度过大时,润滑油道无法通过吸油管吸入足量的机油,会导致润滑油道内机油量不足,机油压力下降。该TCD2015柴油机油底壳结构允许的倾斜角度为 22.5° ,根据车辆运行情况不存在整车倾斜角度过大工况。因此,该原因可以排除。

(5) 机油性能不满足要求

为了提高柴油机单位重量的功率,柴油机强化程度不断拉高,润滑条件越来越苛刻,对机油质量的要求也越来越高^[2]。机油必须保证在一定温度下达到一定黏度。如果黏度低,工作中随着

温度升高机油黏度将进一步下降，油膜变薄，轴瓦、衬套等处机油泄漏量大，柴油机主油道机油压力降低。

该车辆使用 CF-4 15W-40 牌号机油。对机油油样黏度等指标的检验显示：运动黏度为 12.26 mm²/s，闪点为 202 ℃；化学元素分析结果显示：每千克机油油样包含 Al 4.2 mg、Cu 1.1 mg、Fe 17.7 mg，符合标准要求。因此，该原因可以排除。

(6) 内部摩擦副磨损严重

当柴油机内部摩擦副磨损严重时，会导致摩擦副间隙增大，机油泄漏量大，机油压力低。磨损产生的碎屑易导致机油滤清器堵塞、机油压力进一步下降及机油化学元素含量发生变化，严重时机油压力降低至报警限值以下。

对机油油样进行分析，未发现异常情况；机油滤清器也未出现堵塞情况。因此，该原因可以排除。

综上所述认为，低速时机油压力设计限值偏高是造成此次柴油机机油压力低停机故障的原因。

3 故障机理分析及试验验证

当整车处于高速工况时，冷却液温度、机油温度均处于较高水平，车辆从高速、高负载突然降速、卸载，柴油机转速随之降低，与柴油机前端连接的风扇转速也随之降低，整车冷却系统能力下降，冷却液温度和机油温度无法快速降至正常水平，机油黏度急剧下降，导致机油压力迅速下降，如柴油机低速时机油压力报警设计限值偏高，在极限工况时，机油压力值将直接降至报警线以下，此时柴油机根据自身控制策略将会停机保护。

不同牌号的机油具有不同的黏度，用户可根据环境温度的不同选取不同牌号的机油。此次

TCD2015 柴油机出现异常停机时，柴油机进气温度约为 45 ℃，环境温度约为 40 ℃。为进一步提高柴油机自身的安全性能，选取 1 台 TCD2015 柴油机进行机油牌号的对比试验。试验结果表明：机油牌号 CF-4 20W-50 相对于机油牌号 CF-4 15W-40，在冷却液温度达到 90 ℃、中冷后温度为 45 ℃时，在各转速工况下机油压力均有所提升，最高可提升 0.05 MPa，见图 5，即在夏季高温工况下，柴油机使用 CF-4 20W-50 牌号机油性能更佳。

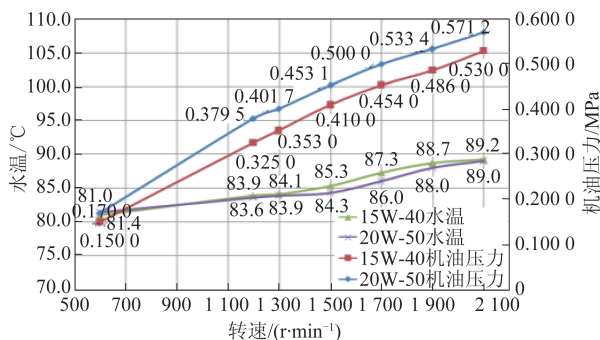


图5 选用不同牌号机油柴油机机油压力试验数据对比

4 改进措施

(1) 将柴油机在转速为 600 r/min 时的机油压力报警限值由 0.10 MPa 降低至 0.06 MPa，再次进行行驶试验，未出现异常停机问题。

(2) 建议在夏季高温工况下，特别当室外环境温度达到 40 ℃ 左右时，选择 CF-4 20W-50 牌号机油，以提高柴油机自身的可靠性。

参考文献

- [1] 魏春源, 张卫正, 葛蕴珊. 高等内燃机学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2001.
- [2] 柴油机设计手册编辑委员会. 柴油机设计手册[M]. 北京: 中国农业机械出版社, 1984.