

使用维修

空气进入引起柴油机冷却水、燃油压力低故障分析

王金亭, 王欢, 徐韬, 王培森

(七一一研究所, 上海 200090)

摘要: 针对某船用V型柴油机在高工况时出现的冷却水压力低和燃油压力低故障, 结合淡水泵及燃油系统原理对故障现象进行分析。分析表明: 二种故障均为因空气进入管路系统引发压力降低或波动所致。在此基础上提出了改进措施。

关键词: 柴油机; 冷却水; 燃油; 压力

中图分类号: TK428 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2020)05-0057-04

Case Study of the Failures of Low Pressure Cooling Water and Fuel of a Diesel Engine Caused by Air Admission

Wang Jinting, Wang Huan, Xu Tao, Wang Peisen

(Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 200090)

Abstract: To deal with the failures of a V type marine diesel engine that its cooling water and fuel pressure was low at high load, analysis was carried out based on the principles of fresh water pump and fuel system. The analysis results show that these two failures were all caused by air admission in pipeline system which led to pressure decreasing or fluctuation. Improvement solutions are given based on the study.

Key words: diesel engine; cooling water; fuel; pressure

0 引言

船用柴油机主机进入标定高工况运行后, 随着转速和负荷的提高, 滑油、燃油及海淡水系统的流量和压力随之显著提升。某些异常现象和故障正是在上述条件下产生的, 表现形式如温度、压力异常或波动等, 使柴油机不能持续保持正常运行状态。本文主要探讨冷却水、燃油压力低两种故障。

1 冷却水压力低故障

柴油机高工况运行时A排冷却水压力波动较大, 压力迅速下降触发报警。

1.1 故障现象

柴油机台架试验时发现: 高负荷下冷却水压力波动, 压力迅速下降, 触发报警。

经现场检查发现: 膨胀水箱冷却水中伴有大量

气泡, 怀疑冷却水中混入空气是引起压力波动的原因。

1.2 高温冷却水系统概况

该型柴油机为V型机, 运行时高温冷却水由左右侧(A、B排)两个淡水泵经A、B排相对应的滑油冷却器压入位于A、B两侧底部的进水总管中; 随后从机体自下而上分别压入气缸套、气缸盖的冷却水腔内, 从而完成对气缸套、缸盖底部、气阀导套部分以及排气出口的冷却。同时, 冷却水由机体A、B侧底部的进水总管经机体输出端进入V型夹角内的冷却水分配箱, 再分两路经底部插接管分别进入T1、T2废气涡轮增压器, 对涡轮进气和排气壳体进行冷却。从发动机20个气缸盖和2个废气涡轮增压器中压出的高温水汇集到两侧对应的汇水总管内, 经自由端顶部的总汇水箱分两路流至两侧(A、B排)的冷却水恒温阀。当水温 $<75^{\circ}\text{C}$

收稿日期: 2019-04-19; 修回日期: 2019-05-29

作者简介: 王金亭(1980—), 工程师, 主要研究方向为柴油机试验、调试和研发, 15689938871@163.com。

时,恒温阀处于关闭状态,冷却水直接流至水泵前;当水温 $\geq 75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,恒温阀开启,冷却水流至淡水冷却器。冷却水系统的补偿和气泡的吸收由位置高于机体的膨胀水箱完成。

1.3 故障排查及分析

用高压空气吹扫 A、B 排高温冷却水泵出口管至 LOP 箱压力变送器间的连接水管、快速接头,排除异物堵塞的可能;检查膨胀水箱顶部的呼吸阀是否处于规定位置;打开位于总汇水箱顶部的塞进行排气,确认无积存的空气;吹洗总汇水箱至膨胀水箱的透气管,确认管路通畅;确认膨胀水箱至淡水水泵前补水管路的各阀门均处于全开状态。在完成上述工作后动车验证,故障现象重复出现,因此可排除以上几项可能的故障因素。

对整个冷却水系统,包含外围管路进行冷态泵压试验,在 0.48 MPa 泵压下,外围管路无明显泄漏;A10、B10 缸的缸盖出水连接法兰处出现泄漏现象,更换密封垫片。动车验证,仍存在压力波动现象。

拆下所有喷油器,采用内窥镜检查燃烧室内部情况,对疑似有锈迹、水迹以及吹车发现有水的 5 个缸盖进行更换。更换后动车验证,100% 工况运行约 6 min,其间,在 15:32~15:37 时间段内,多次出现 A 排冷却水压力波动,却并未触发压力低报警,而 B 排压力表现稳定,如图 1 所示。

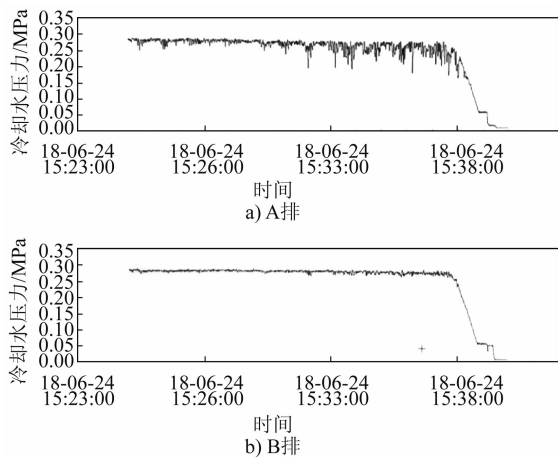


图 1 故障发生时冷却水压力曲线

现场分析认为:

(1) A 排淡水压力波动是由于冷却水中混入外界空气,而空气来自泵前负压管段。

(2) 由于高温水压力的采集点在靠近泵的出口处,A 排吸入了空气,造成压力波动;带气的高温水流到柴油机的最高处后,有部分通过透气管排到膨胀水箱中;B 排压力稳定,进一步说明空气只

与 A 排泵的吸口有关,与 B 排关系不大。

(3) 随着冷却水温度升高,恒温阀开度逐步增大,流经板式冷却器的流量也逐步升高,来自负压管路的外界空气也就越多。

根据上述分析,对 A 排淡水水泵吸口的相关外接管路接口进行泄漏情况检查;对 A 排淡水水泵前恒温阀进水口的橡胶补偿球形接头法兰螺栓做拧紧检查。经上述处理后再次动车验证,动车前对柴油机淡水进行充分排气。将 75%~110% 功率拆分成 8 个工况进行验证,前 7 个工况,A、B 排冷却水压力均正常、稳定;直至 110% 工况,A 排冷却水压力出现数次瞬时波动,如图 2 所示。但每次波动均因压力恢复较快未触发压力低报警。

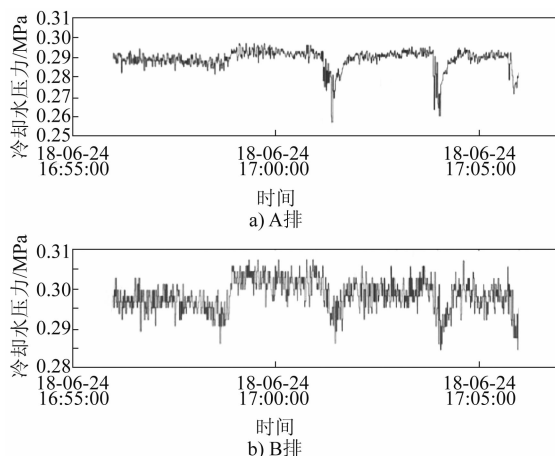


图 2 故障处理后冷却水压力曲线

根据上述压力波动情况,并结合水温的影响进行分析,表明:水温越高,压力波动的幅度越大,波动越严重。

结合上述动车情况,停机后对淡水系统和整机热态进行泵压试验。泵水压力 0.3 MPa ,温度 $78\text{ }^{\circ}\text{C}$,时间 20 min,发现以下情况:

(1) 柴油机上连接膨胀水箱的 A 排淡水水泵补水管阀门处存在滴漏,约每 8~10 s 一滴;

(2) A 排淡水恒温阀出水管与试车台架淡水管连接处的橡胶补偿球形接头密封面的结合面处有滴漏,约每 3 s 一滴。

修复、紧固渗漏点,排气后动车验证。动车过程中,漏点仍然有轻微渗漏,但是各工况下淡水压力均表现稳定,如图 3 所示。

参照该机型以往高负荷运行时发生轻微渗漏但并不会造成淡水压力瞬间大幅波动的情况,分析认为:淡水压力波动仍系淡水系统内产生或有残余空气所致。而高温泵压后淡水压力波动恢复正常也是高温因素所致。

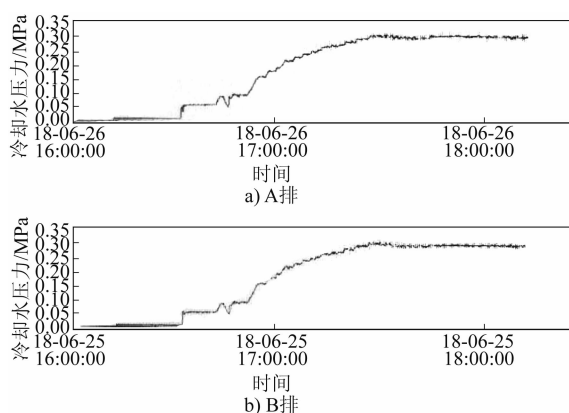


图3 验证试验中冷却水压力曲线

研究淡水系统各部件图纸和原理发现：该机型淡水恒温阀在高温时才会打开，也就是说冷却水仅在大于 75°C 时对淡水系统有影响。恒温阀结构图如图4所示。

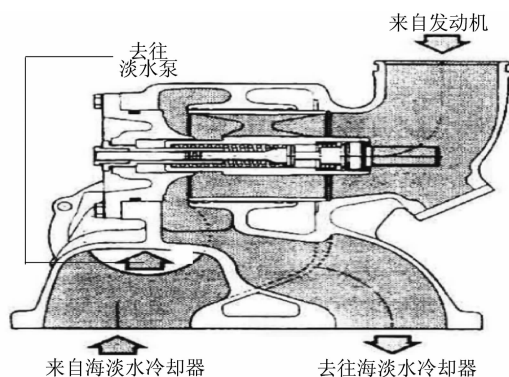


图4 恒温阀结构图

恒温阀所处位置为淡水水泵前，由此可见，在水温低时，恒温阀处于关闭状态，在该状态下加注淡水时恒温阀前管路存有大量空气不能被排出；当淡水温度达到恒温阀打开温度时，大量空气瞬间进入柴油机淡水系统，必然造成淡水压力剧烈波动。待高温运行并充分放气后，淡水压力恢复稳定。

1.4 验证及改进方案

在后续该系列柴油机台架试验中，第一次动车时，将柴油机充分预热并加负荷运行至淡水温度达到恒温阀打开温度，将淡水管路的空气充分放出，再将淡水补至要求水位进行后续试验。至此，该系列柴油机高工况淡水压力波动故障得到有效解决。

2 燃油压力低故障

某船右柴油机低工况时燃油压力正常，但进入高工况后燃油压力逐步降低。

2.1 故障现象

某船动力系统试航过程中，右柴油机在低工况运行时燃油压力正常且稳定，但进入高工况后，燃

油压力明显低于正常值，且逐步降低；打舵转向过程中燃油压力快速下降引发报警。现场应急处理采用减小回油阀门开度的方法，保持油压稳定，压力变化情况如图5所示。

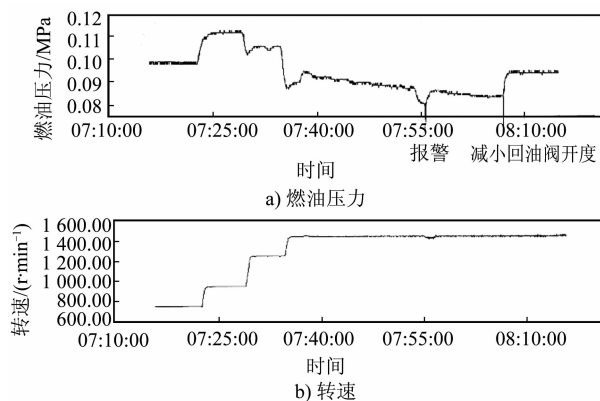


图5 右柴油机燃油压力及转速曲线

2.2 故障排查及分析

经初步判断，故障可能原因有以下几个方面：柴油机外部燃油系统流量供给不足，至高工况时系统流量不能满足柴油机消耗。外部燃油系统供给不足的原因有：燃油进机前阀门未能完全打开；机带燃油滤器污堵严重；燃油系统存在泄漏现象等。

现场检查：柴油机运行时燃油进机前各阀门均处于全开位置；燃油系统各处阀门、接头处未发现明显泄漏现象。

停车后，打开滤器端盖，目测滤芯污堵情况，较轻微。用机带手压泵供油，燃油压力能快速建立起来，从而可排除管路堵塞和滤器污堵的可能性。在此过程中发现：日用油箱出口处的快速关闭阀阀体与阀盖结合面处有油迹，法兰结合面存在渗漏；次日，动车前检视时发现油迹明显扩展。

从燃油日用柜到机带输送泵间的管路通常称为负压管路，柴油机工作时这段油路中的压力低于大气压，而该管路所包含的法兰多，管接头也不少，如图6所示。

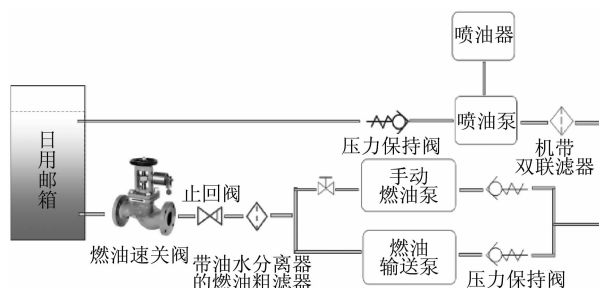


图6 燃油系统示意图

柴油机运行过程中,燃油速关阀处曾检查过,擦净原有油迹后未发现有明显的渗漏现象。由此判断:因连接法兰结合面渗漏,柴油机进入高工况运行时燃油机带泵进口管路内的负压引起外部空气窜入燃油系统,使低压管路产生“气阻”,造成高工况燃油压力不足;同时由于负压的作用,柴油机运行时外部空气进入管路时,燃油不会向外渗漏;然而停车后,管路内的燃油静压又使燃油向外渗漏。低工况运行时负压管路内的真空度较小,渗漏点处外界空气不易进入或进气量小,因此燃油压力能够保持正常稳定;但进入高工况后,随着运行转速升高真空度迅速增大,外界空气持续进入管路造成燃油流量不足,负荷突加时常表现为燃油压力快速下降。更换该燃油速关阀处后,柴油机在后续的试航中,各工况燃油压力均正常、稳定,如图 7 所示。至此故障现象消除。

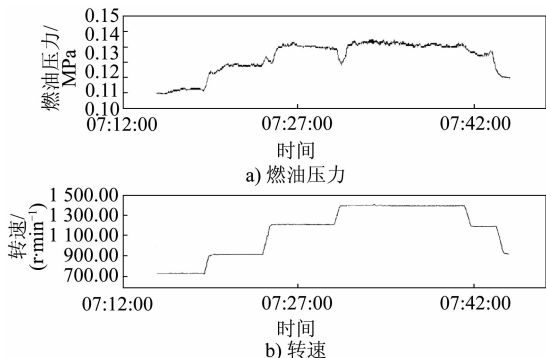


图 7 右柴油机燃油压力及转速曲线(修后)

3 结论

通过对以上两个故障案例的表现形式、原因分析和排查情况的分析,明确了柴油机淡水泵系统和燃油系统在高工况、高转速下出现的因空气进入管路系统引发压力降低或波动故障的原理,并提出了相应的改进措施。可为柴油机用户提供参考。

参考文献

- [1] 张晓阳,孙宇,张荣涛,等. 基于实例的故障诊断方法研究与应用 [J]. 南京理工大学学报, 2003, 27 (1): 64-67.
- [2] 陈铁铭. 船舶管系 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [3] 付锦云. 船舶管路系统 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2009.