

MAN L48/60 型柴油机高压油泵电磁节流阀故障分析

于勇鑫

交通运输部北海救助局 山东烟台

【摘要】与传统柴油机相比，电喷共轨柴油机之所以可以优化燃油喷射，降低燃油消耗；降低最小排烟量；降低氮氧化物排放量，主要是其喷射系统的改进。高共轨喷射压力，微机精确计算喷油量、喷射时间等优化方式，使共轨电喷柴油机无论在高、低负荷时都可以达到喷油雾化好，燃烧充分的效果。然而，电喷共轨柴油机的发展时间不长，对柴油机管理人员来说，需要补充的知识和经验还很多。

【关键词】MAN L48/60CR；船舶；电喷；柴油机；节流阀；高压油泵

Fault Analysis on Electromagnetic Throttle Valve of High pressure Oil Pump of MAN L48/60 Type Diesel Engine

Yongxin Yu

Beihai Rescue Bureau of the Ministry of transport Shandong Yantai

【Abstract】MAN L48/60Cr diesel engine is a new type of common rail electronic fuel injection four-stroke diesel engine, which is less assembled in domestic ships and less experienced in daily management and troubleshooting. The author briefly discussed the high pressure oil pump throttle valve management and maintenance, through his own experience of the fuel system fault analysis and treatment, in order to serve as a future manager of this kind of fault alarm and treatment methods for reference.

【Keywords】MAN L48/60CR; vessel; electronic fuel injection; diesel engine; throttle valve; High pressure oil pump

MAN L48/60CR 型柴油机是一款新型共轨电喷四冲程柴油机，在国内船舶装配较少，对其日常管理和处理故障方面的经验较少。笔者本着学习此型号柴油机的态度，通过自己亲身经历的燃油系统故障分析处理，浅谈一下高压油泵节流阀的管理维护，以便作为日后管理者对此类故障警报及处理方法的借鉴。

本文首先，通过对燃油系统的简单介绍，了解燃油系统循环和喷射方式；其次，描述故障现象，明确故障产生的环境和状态；再次，了解部分元件功能介绍，通过分阶段阐述燃油系统循环走向，缩小故障查找范围，分析判断故障原因及可能发生的位置；然后，通过故障处理，明确故障具体元件；最后，总结此故障处理的经验。

1 共轨电喷柴油机燃油系统和喷射方式介绍

共轨电喷柴油机燃油系统可分为低压系统和高

压系统，低压系统可分为低压进油管系和低压回油管系。低压进油管系由外部燃油供给泵和循环泵（即燃油供油单元）提供压力为 11-12bar 之间的燃油源至高压油泵；低压回油管系将高压管系和低压进油管系的燃油通过减压降至 5-7bar 后返回到燃油供油单元或日用油柜。高压系统由高压油泵、蓄压器、喷油电磁阀组和喷油器组成。高压油泵将低压进油加压送至蓄压器，柴油机控制单元（ECU）通过 0-2A 直流电调节安装在高压油泵上的节流阀开度，控制高压油泵的进油量，使得蓄压器内压力保持在 1000-1600bar（据负荷大小）。MANL48/60CR 六缸柴油机共有两台高压油泵和三组蓄压器，两台高压油泵出口管通过中间蓄压器连接，每组蓄压器的进口管相互连接，使得三组蓄压器相互连通，内部压力相等，如同所有的高压油蓄存在同一个轨道里，因此得名“共轨”，蓄压器内压力也就是共轨压力。

每组蓄压器两端都安装有喷油电磁阀组，每个电磁阀组连接一个喷油器。蓄压器内的高压燃油通过电磁阀组开关控制进入喷油器，继而进入燃烧室。柴油机控制单元（ECU）经过内部模块程序计算，利用 90V 直流电压控制喷油电磁阀组的开关和开启持续时间，以获得所需的喷油定时和喷油量。这就是所谓的“电喷”。

2 故障现象

靠港补给备车启动左主机时，出现“Fuel control valve driver A/B limit low”报警，按下警报确认按钮后报警消失，在集控台远程控制屏（ROP）观看主机共轨压力及各参数正常，怀疑是误报警。离港备车启动时，左主机又出现同样警报，警报确认后又随即消失。

观察共轨压力在 1000bar 左右，对比右主机发现，左主机共轨压力波动幅度明显大于右主机，并且，节流阀开度调节变化明显波动。然而，主机负荷增加后，共轨压力波动幅度和节流阀变化波动稳定下来。随后的几次启动，此警报现象相同，通过观察发现，启动时设定共轨压力为 1000bar，实际共轨压力不断增长，达到约 1200bar 时，警报出现，偶尔伴随“无法达到设定轨压”报警，共轨压力很快降回 1000bar 左右，警报消失。

3 故障分析

“Fuel control valve driver A/B limit low”报警译文为“燃油控制阀（节流阀）驱动限制程度低”。本文故障分析主要使用故障归纳、演绎及排除法。首先通过了解燃油循环的走向，缩小故障查找范围；期间，简介部分元件的功能，排除非影响此故障的元件；最后总结分析判断故障发生的位置。

3.1 部分元件功能了解

此燃油系统主要元件包括：高压油泵、节流阀、蓄压器、喷油电磁阀组、喷油器、单向冲洗阀和阀块。

高压油泵和节流阀是安装在一起的。与传统式高压油泵相比，此类高压油泵的驱动凸轮为三角形，即凸轮轴每转一周高压油泵压缩燃油三次，以满足高轨压；高压油泵的进油量是靠节流阀的开度大小来调节，而不是齿条、齿圈和柱塞；

节流阀的开度是靠电磁线圈（0-2A）来控制，节流阀阀芯底部装有弹簧，在不受力的自由状态下，

弹簧力向上顶起阀芯，燃油从底部进入阀芯上部，进入高压油泵压缩腔室。当电磁阀线圈通电，电磁线圈内顶杆向下压节流阀阀芯。

蓄压器两端各有一个喷油电磁阀组，蓄压器内的高压燃油经过喷油电磁阀组到达喷油器。

喷油器与传统式喷油器结构原理基本相同。

单向冲洗阀结构上与单向止回阀相同。其安装位置起到充油除气的作用。

阀块是由一个两位两通电磁阀和压力限制阀组成。压力限制阀也叫作安全阀，与普通安全阀的区别是，此安全阀开启后可以保证阀前压力在 900bar-1200bar。

3.2 燃油系统循环走向

通过三个阶段了解燃油系统循环，分别是正常运行阶段、停车阶段和启动阶段。

正常运行阶段的燃油循环。低压进油管系引入压力为 11-12bar 之间的燃油源至高压油泵和单向冲洗阀，高压油泵将低压进油加压送至蓄压器，柴油机控制单元（ECU）通过 0-2A 直流电调节安装在高压油泵上的节流阀开度，控制高压油泵的进油量，使得蓄压器内压力（即共轨压力）保持在 1000-1600bar（据负荷大小），蓄压器内的压力远高于低压进油管压力，因此单向冲洗阀为关闭状态。最左边蓄压器下方的阀块中，两位两通阀处于断开位置，压力限制阀（安全阀）也处于关闭中。整个蓄压器内压力的保持就看似只能与两个元件有关，喷油电磁阀组和高压油泵。电磁阀组的开启持续时间决定喷油量的大小，喷油量与负荷有关，为不可控因素，这样看来，蓄压器的压力保持只与高压油泵有关。当喷油电磁阀组得电，燃油进入喷油器进入燃烧室，共轨压力降低，为保持压力高压油泵上的节流阀开度被电控增大；当喷油电磁阀组断电，燃油停止进入燃烧室，而此时，高压油泵仍继续增大共轨压力，为保持共轨压力，节流阀开度被减少。因此，节流阀在保持共轨压力上起决定性因素。

停车阶段的燃油循环。当发出停车指令，喷油电磁阀组断电，喷油停止；节流阀被关闭，高压油泵停止向蓄压器内提供燃油。两分钟后，阀块中的两位两通电磁阀得电，油路导通，蓄压器内的高压由此泄放至低压回油管系。泄压后的蓄压器内部压力小于低压进油压力，因此低压进油通过单向冲洗

阀向蓄压器充油，充入油从最右边蓄压器充入，然后从最左边蓄压器流出，经过阀块回到低压回油管路，一直循环到外部供油单元停止供油。

启动阶段的燃油循环。启动前为停车准备状态，外部供油单元开始供油，燃油进入低压进油管路，高压油泵处于停止状态，节流阀处于关闭状态，燃油通过单向冲洗阀进入蓄压器，然后通过阀块回到低压回油管路，这个过程被称作“充油除气过程”。此过程可将燃油充满蓄压器，并且排除内部的存有的气体。启动时，阀块中二位三通阀断开，节流阀打开，高压油泵在三角凸轮的驱动下迅速升压蓄压器，单向冲洗阀在压差作用下迅速关闭，蓄压器内压力在发火转速达到前升至设定值 1000bar，此后进入正常运行阶段。

3.3 分析故障

了解燃油系统各部分元件和燃油循环走向之后，再来分析一下故障警报和现象。现在主机共存有 3 个故障现象可供分析，分别是：①启动时，出现“节流阀驱动限制程度低”警报；②启动时，共轨压力不断增长至 1200bar，超过设定值 200bar；③启动时，偶尔出现“无法达到设定轨压”报警；④主机正常运行时，共轨压力偏离设定值幅度大；⑤启动和正常运行时，节流阀开度调节幅度大。由此可见，这些故障现象可以分为两类，一类是启动时警报，另一类是正常运行时警报。分析各类故障现象可能发生的原因，然后找出原因交集，就可以找到故障很可能存在的位置。

(1) 启动时节流阀驱动限制程度低原因分析。此警报不易理解，但可以从节流阀本身工作原理考虑。低压燃油进入底部通道，对高压油泵进行冷却。当电磁线圈断电，节流阀阀芯在弹簧的作用下向上移动，低压燃油经过阀芯后进入“C”通道，抵达高压油泵柱塞腔室进行压缩。阀芯开度越大，进入压缩腔室的燃油越多，共轨压力也就越高。反之，阀芯开度越小，进入压缩腔室的燃油越少，共轨压力越低。如果阀芯或电磁线圈内顶杆上下移动不流畅，势必影响共轨压力。

(2) 启动时，共轨压力不断增长至约 1200bar 左右，超过设定值约 200bar。可能出现此故障的原因有二，第一，共轨压力传感器故障；第二，电磁线圈磁力不足，无法克服阀芯弹簧关严阀芯；第三，

阀芯密封不严，使得低压进油渗入压缩腔室；第四，阀芯或电磁线圈内顶杆上下移动不流畅。

(3) “无法达到共轨压力设定点”报警，是共轨压力与设定值偏差大于报警值引发的警报。轨压低于设定值的原因有：一、燃油进口堵塞；二、共轨压力泄漏。轨压高于设定值的原因与故障现象 2 的相同。

(4) 主机正常运行时，共轨压力偏离设定值幅度大报警原因如下：一、阀块上的压力限制阀开启；二、燃油泄漏；三、电磁线圈内顶杆移动不畅；四、节流阀阀芯移动不畅。

(5) 节流阀开度调节幅度大的原因如下：一、阀块上的压力限制阀开启；二、高压油泵柱塞偶件磨损；三、电磁线圈内顶杆移动不畅；四、节流阀阀芯移动不畅。

4 故障处理

由故障分析中可得到启动故障现象可能原因的交集为：一、节流阀阀芯密封不严；二、阀芯或电磁线圈内顶杆上下移动不流畅；正常运行故障现象原因交集为：一、阀块上的压力限制阀开启；二、阀芯或电磁线圈内顶杆上下移动不流畅。其中，如果阀块上的压力限制阀开启，无论负荷大小，共轨压力都会在 900-1200bar 波动，但主机大负荷运行时，共轨压力可以达到 1600bar，并且压力限制阀打开的警报也没出现，因此可以排除此项可能。也就是，故障原因主要是节流阀线圈和阀芯。

拆卸左主机两台高压油泵上的节流阀电磁线圈，发现电磁线圈内顶杆上下移动稍感卡阻；用手按压节流阀阀芯均流畅，维修保养记录之前更换过节流阀组件，因此没有拆卸。更换两个电磁线圈后启动试验，正常运行时的故障现象消失，即节流阀开度调节幅度正常、共轨压力偏离设定值幅度也稳定。但启动时的故障现象仍然存在，拆卸节流阀组件发现两组节流阀密封圈已扭曲，节流阀座密封圈断裂。怀疑密封圈扭曲的原因可能是安装时未按说明书要求涂抹润滑剂，或是安装力矩没有达到要求。换新所有密封圈后再次试验，故障现象消除。

5 总结

5 年来，此故障现象第一次出现，对其解决处理还是头一次，经历了多次启动主机试验观察，找到故障原因位置及元件。笔者以处理故障思路为序

贯穿全文，通过学习总结，下次出现此警报时，可以快速解决故障。同时为柴油机维护管理提出几点建议：一、拆卸安装工作严格按照说明书工艺流程谨慎操作；二、熟悉共轨系统原理，有的放矢的进行分析研判；三、拆装工件必须在非常干净的环境里。

参考文献

- [1] 孙培廷.[船舶柴油机].大连海事大学出版社,2002.
- [2] 许乐平,詹玉龙. [船舶动力装置技术管理].大连海事大学出版社, 2006.
- [3] MAN DIESEL & TURBO TECHNICAL DOCUMENTATION ENGINE OPERATING INSTRUCTION BOO

K.

收稿日期: 2022 年 3 月 9 日

出刊日期: 2022 年 6 月 15 日

引用本文: 于勇鑫, MAN L48/60 型柴油机高压油泵电磁节流阀故障分析[J]. 科学发展研究, 2022, 2(1):57-60
DOI: 10.12208/j.sdr.20220014

检索信息: 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS