

船用双燃料发动机 WinGD-12X92DF 机驱伺服油泵故障分析

马义平¹ 凌志²

(1. 上海海事大学 上海 201306; 2. 中船温特图尔发动机(上海)有限公司 上海 201306)

上海市科技计划“上海船舶智能运维与能效监控工程技术研究中心”项目(编号: 20DZ2252300)资助

摘 要: 为研究某船用机驱伺服油泵的工作原理、常见故障和故障原因, 文章通过对船舶双燃料主机 WinGD-12X92DF 的机驱伺服油泵的一次航行故障案例进行分析, 充分认识到机驱伺服油泵斜盘控制机构中的比例控制阀、流量控制阀、压力控制阀和溢流阀都会对伺服油泵的排量和压力产生影响, 且压力控制阀和溢流阀属于伺服油压力的最高控制, 而比例控制阀和流量控制阀属于伺服油压力的中间控制。

关键词: 双燃料 发动机 伺服油泵 机驱泵 阀

0 引言

伺服油系统是电控共轨柴油机最重要的系统之一, 对于 WinGD 的 RT-flex 机型和 X 机型, 伺服油用于控制排气阀、气缸油泵和燃油喷射单元, 但对于 WinGD 双燃料柴油机, 伺服油还用于控制燃气进气阀和提供燃气进气阀的密封油。因此, 伺服油压力是否正常对电控柴油机的正常运行起决定作用^[1]。

1 故障现象

某集装箱船安装了由中船三井制造的一台的 12X92DF 二冲程双燃料柴油机作为主机。在某航次船舶正常航行时, 大管轮在日常巡检的过程中发现三台伺服油泵的斜盘刻度显示不一致, No.1 伺服油泵和 No.3 伺服油泵的斜盘刻度为 10° 左右, 但 No.2 伺服油泵斜盘刻度仅为 5°。大管轮用点温枪测量了三台油泵的进口滑油管的表面温度, 温度数值分别为 43℃, 38℃和 44℃。

鉴于警报监测系统 AMS 并未出现“ME servo oil pump #2fail”, 即 No.2 伺服油泵进口管路上供油流量仅比其他两台泵有所降低, 但并未中断。由此可以判断, 三台伺服油泵实际输出流量不平衡, 需要对三台油泵输出流量重新进行调平衡。

2 故障处理

当该轮到港主机完车后, 大管轮重新检查了

三台伺服油泵斜盘的刻度, 发现 No.2 伺服油泵的斜盘刻度和其他两台伺服油泵都一样回至最大位置 15°, 说明该伺服油泵内部并没有问题。大管轮在与轮机长商量后, 决定在开航后对三台伺服油泵进行流量平衡调整。

该轮驶离某港后, 按照轮机长的要求车钟被拉至“Dead slow”, 并采取了多次措施。

1) 大管轮首先脱开三台伺服油泵的比例控制阀的插头(备注: 在正常供油的情况下, 拔掉电磁阀, 控制油会控制斜盘保持最小设定的输出, 脱开电磁阀只是检验油泵最小输出是否有问题);

2) 在机旁的控制面板上确认伺服油压是否达到或超过 80bar, 发现实际伺服油压力只有 70bar, 参数显示如图 1 所示;



图1 WICE 系统控制面板

3) 检查和比较三台油泵的斜盘刻度指示, 发现仅 No.2 伺服油泵的刻度指示较小;

4) 尝试调整 No.2 伺服油泵的压力设定阀, 顺时针旋转半圈, 等待几分钟再次比较各油泵的

收稿日期: 2022-05-16

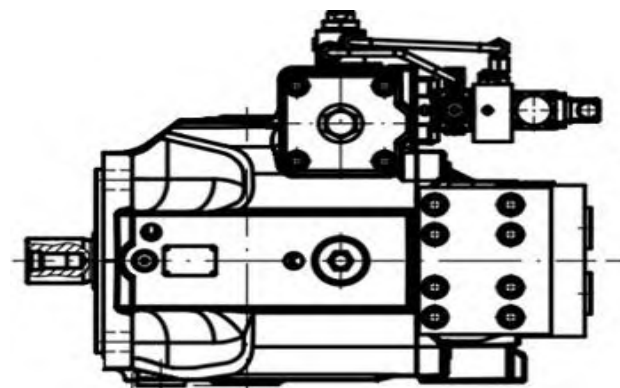
作者简介: 马义平(1977-), 男, 安徽省人, 博士, 副教授, 现从事轮机工程教学工作。

斜盘刻度,发现 No.2 伺服油泵的斜盘刻度跟其他两台油泵还是差一点,再次顺时针转转四分之一圈,等待几分钟比较各油泵斜盘刻度,这次发现各油泵斜盘刻度已基本一致;

5) 检查控制面板上显示的实际伺服油压力为 85bar,略高于需要调整的 80bar;

6) 尝试调整 No.1 和 No.3 两台油泵的压力设定阀,逆时针各旋转十分之一圈,检查三台油泵的斜盘刻度基本一致,检查控制面板上实际的伺服油压力将至约 80bar;

7) 将三台伺服油泵比例控制阀的插头装复,车钟慢慢加至 HALF,重新检查三台伺服油泵的斜盘刻度,发现偏差不大,整个调整过程结束。



1. 驱动轴 2. 固定盘 3. 行程活塞 4. 控制单元 5. 高压侧 6. 控制盘 7. 配流盘 8. 吸油口 9. 低压侧 10. 油缸 11. 柱塞 12. 滑履 13. 斜盘

图 2 A4VSO 油泵外形和剖面图

柴油机的通过齿轮驱动伺服油泵的驱动轴 1 转动,油缸 10 与驱动轴 1 一起转动,活塞 11 在油缸内也随之转动。活塞 1 的行程的大小通过改变斜盘 13 的角度来调节,滑履 12 由固定盘 2 卡住并保持在斜盘 13 的滑动,油缸 10 旋转一圈,每个柱塞 11 越过下死点和上死点,完成了一次吸油和排油的工作循环。在油缸 10 旋转时,由柱塞行程决定的滑油流量通过控制盘 6 中的两个控制槽孔吸入或排出。在低压侧 9 一端,滑油通过吸油口 8 流入慢慢增加的油缸。同时,在高压侧 5 一端,滑油被活塞从油缸中排出到伺服油系统中。斜盘 13 的旋转角度是无限可变的。通过改变其角度,活塞行程会发生变化,流量也就发生变化。斜盘 13 通过行程活塞 3 来控制。斜盘 13 角度一般不会到零,因为油泵需要最少量的液压油满足以下的功能:冷却活塞,提供基本控制,补偿内部泄露和润滑所有运动部件。

3.2 伺服油泵出口压力控制分析

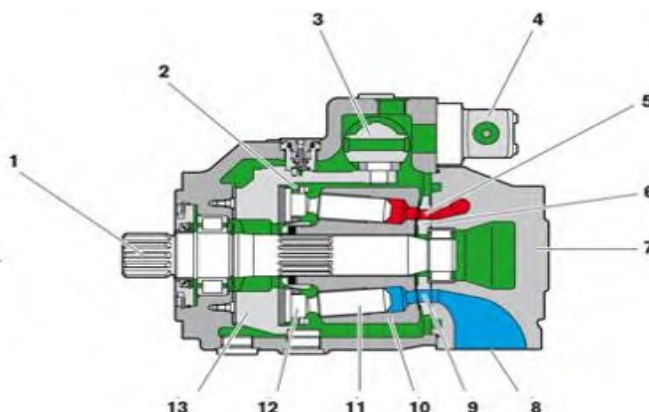
伺服油泵油量和压力调节原理如图 3 所示。

3 伺服油泵出口压力控制的分析

3.1 伺服油泵的工作原理

伺服油泵是伺服油系统中最重要部件,一台柴油机安装的伺服油泵的数量取决于柴油机气缸的数量。目前,WinGD-X 和 X-DF 系列机器安装的伺服油泵最多数量是三台,这种多台油泵并联供油的冗余设计增加了伺服油系统的可靠性,如果一台伺服油泵出现故障,柴油机仍然可以降低负荷保持运行。6X92&6X92DF 机型的伺服油泵数量为 2 台,7X92&7X92DF~12X92&12X92DF 机型的伺服油泵数量为 3 台。

该轮采用的是 Bosch 的 A4VSO 型号的伺服油泵,内部结构图和工作原理如图 2 所示。



伺服油泵为一变量变向泵,采用桥式回路保持伺服油泵的出口方向不变。从伺服泵的出口引流部分液压油至变量泵的斜盘控制机构的有杆端。流量控制阀、比例控制阀、压力设定阀和溢流阀组合控制斜盘控制机构无杆端的液压油。

压力控制阀和溢流阀并联使用,控制伺服系统的最高液压油压力。当伺服油系统的压力达到压力控制阀或溢流阀的设定值时,压力控制阀或溢流阀动作打开,液压油经过压力控制阀或溢流阀到达斜盘控制机构无杆端,推动斜盘控制机构往有杆端运动,斜盘角度减小,泵的排量减小。

流量控制阀和比例控制阀串联使用,控制压力设定阀设定值以下的油压。

当进口流量一致,斜盘刻度指示偏小的原因有三种可能:控制信号或比例电磁阀故障,压力设定阀故障,流量控制阀故障。进行逻辑分析时,按简到繁的顺序逐项排查。

1) 比例电磁控制阀没有获得正确的油压值信号,即自动调压比例控制阀(阀编号分别为

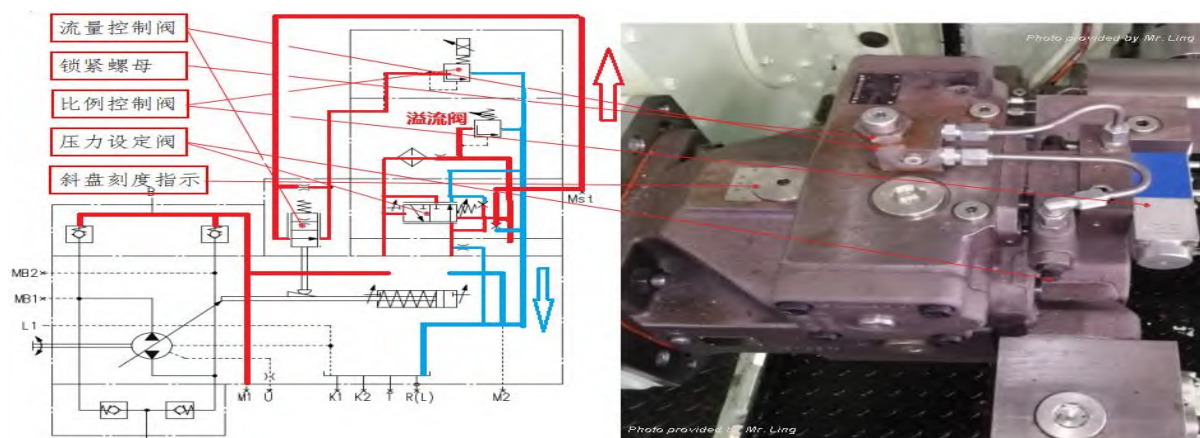


图3 伺服油泵流量和压力调节原理图

CV7221/CV7222/CV7223) 无法获得正确的油压控制信号。出现这种情况, 应考虑 CCU 模块本身和自动调压比例控制阀的接线问题。CCU 模块输出有问题, 调试工程师可以通过 Flew-view, 船员可用万用表测量通道的输出电流值是否为 4~20mA; 自动调压比例控制阀信号接收问题, 应检查自动调压比例控制阀端子接线有无虚接, 测量对应的端子输入电流是否正常;

2) 压力设定阀故障。压力设定值决定泵输出压力的天花板, 当压力设定值较低时, 泵的输出压力达到一定值, 压力设定阀打开, 液压油进入倾斜盘控制活塞的无杆端, 倾斜盘控制活塞往有杆端运行, 减小泵的输出;

3) 流量控制阀故障。若流量控制阀有故障, 则流量控制阀的节流降压值不变, 则泵的排量也不会快速响应系统设定值的要求。

3.3 伺服油泵出口压力控制阀组的故障判断

1) 比例控制阀可以通过改变压力设定值, 观察压力控制响应情况 (调试工程师适用), 或者脱开部分泵的电磁阀来观察压力控制响应情况 (船员适用);

2) 压力控制阀的好坏通过脱开所有电磁阀, 来判断最小输出压力, 压力高低都反应出压力控制阀调节不到位;

3) 流量控制阀出厂前设定好的, 基本不会偏移, 使用过程中基本不会出问题。在停车情况下, 如果油泵斜盘不回到最大, 在确定斜盘本身没问题的情况下, 就可以确定流量控制阀设定有问题。

4 常见故障及解决原则

常见故障。A4VSO260DP 型伺服油泵在实际运行中的常见故障有四种, 每种故障均有多种原因造成。

1) 异常噪音。其产生的原因包括吸入条件不足, 例如吸入管路中有空气、吸入管路中有异物或脏堵、滑油粘度太高、进油压力太低。油泵固定螺栓松动; 轴向柱塞单元安装不到位; 轴向柱塞单元的安全阀开启; 轴向柱塞单元机械损伤; 轴向柱塞卡滞或咬死;

2) 输出流量无或不足, 其产生的原因包括吸入条件不足。例如, 吸入管路中有空气、吸入管路中有异物或脏堵、液压油粘度太高、进油压力太低; 联轴节不同步旋转, 或联轴节过载脱开; 滑油的油温过低或粘度太大; 流量控制阀损坏, 或压力控制阀损坏; 压力控制阀接线问题, 例如断线、短路, 或轴向柱塞单元的控制阀故障; 轴向柱塞单元过度磨损或机械损坏; 油泵内部或外部泄露严重;

3) 输出流量或压力波动的原因包括吸入条件不足, 例如吸入管路中有空气、吸入管路中有异物或脏堵、液压油粘度太高、进油压力太低; 轴向柱塞单元进空气;

4) 油泵出口温度过高的原因, 滑油进口温度过高; 压力控制阀故障; 轴向柱塞单元过度磨损;

5) 解决的原则。发现故障要及时解决, 但要防止出现新的问题, 应坚持三项原则。一是判断故障之前, 首先尝试排除外部的各种原因, 包括主滑油系统压力和温度是否发生了变化, 伺服油泵压力控制阀的接线是否改动过, 伺服油系统其他零部件是否进行了一些维修和修改; 二是没有查明具体原因, 不建议随意进行拆卸和调整; 三是不得不进行拆装时, 一定要严格按照供应商的说明书进行。

参考文献

- [1] 马义平, 胡以怀, 杨永东. 船用电控柴油机故障案例分析[M]. 上海: 上海浦江教育出版社, 2021. 5