

MITSUI B&W 主机 VIT 机构工作原理及故障分析

上海华泰海运公司 方适中

1970 年代, B&W 公司开发出了回油孔式高压油泵的 VIT 机构, 使船舶主机可随负荷变化自动调节喷油定时, 不仅改善了运行工况, 而且大大提高经济性能。1980 年代起, 在船上使用日渐增多。目前我公司主机使用 VIT 机构的船舶也在增多。

为及早发现、及时排除和防止故障, 需深入了解 VIT 机构的原理和组成。鉴于国内介绍 VIT 机构的书籍和教材较少, 现根据我轮 MITSUI B&W 6L60MCE 主机的情况, 介绍 VIT 机构的原理、组成和维护注意事项, 以偏概全之处敬请谅解。

1 VIT 机构的原理和作用

VIT 机构, 是可变喷油定时调节系统, 又叫爆压调节器, 英文名 Variable Injection Timing Control System, 缩写 VIT。

随主机负荷变化, VIT 机构自动调节喷油提前角 (参见图 1 VIT 机构特性曲线图)。

(1) 主机负荷在 50% 以下

每个循环喷油量少, 后燃不严重, 而且这种负荷运转的时间不长。

无须 VIT 机构调节喷油提前角。

(2) 主机负荷在 50%~80% 区间

每个循环喷油量随负荷增加而增加, 但爆压没有达到额定爆压值。

为了提高爆压以提高有效功率, 同时减少后燃, VIT 机构逐渐增大喷油提前角, 从而使气缸内燃油准备时间延长:

- 改善可燃混合质量, 使燃烧更充分, 因而后燃减少, 排温降低;
- 提高爆压, 因而提高柴油主机的平均有效功率, 使得柴油机的经济性能提高, 耗油率降低。

当主机负荷达到 80% 时, 喷油提前角达到最大, 爆压也达到额定爆压值。虽然提高爆压可能增加 NO_x 生成, 但爆压不超过设计最大值, 应不会造成超标排放。

(3) 主机负荷超过 80% 并继续增加

为维持爆压不超过额定值, VIT 机构逐渐减少喷油提前角, 从而降低爆压防止机械超负荷, 同时减少 NO_x 生成和排放。

(4) 主机负荷达到 100%

喷油提前角回到初始额定值, 维持爆压在额定值。

VIT 机构, 可大幅度提高主机经济性能, 同时减少 NO_x 的生成和排放, 在油价不断飙升和排放控制日益严格的今天, 其意义不言而喻。

我们公司的船舶主要是跑海进江航线, 航线短, 靠泊频繁, 主机通常在 50%~80% 额定负荷之间运行, 很少超过 80%。

例如秀海轮, 1987 年由日本建造的“OBO”多用途船舶, 至今已有 19 年的船龄。因配备 VIT 机构, 主机常用转速 90 r/min (额定转速 100 r/min), 负荷在 75% 左右, 排温 300 $^{\circ}\text{C}$, 爆压 10.6 MPa, 排烟浅灰色, 运转平稳, 声音动听, 工况良好, 耗油率低, 是我所做过的柴油主机类型中工况和效率最好的一种机型。跑进江航线时, 经济性非常突出。

2 VIT 机构的组成

B&W 6L60MCE 主机喷油泵, 是回油孔式的。VIT 机构通过拉动齿条机构, 使高压油泵的套筒升降, 从而改变喷油提前角。

VIT 机构主要由油压放大器、机械伺服阀、液压油缸、调节盘、调节轴、定时齿条及定时齿圈等组成。

(1) 油压放大器

构成, 包括先导阀、方向控制阀、单向阀、工作气缸、油缸、活塞、柱塞等, 实际上就是由压缩空气驱动的双作用油泵。

作用, 是向 VIT 机构提供压力液压油, 即动力。

油压放大器的放大比, 即工作空气压力与输出油压力比, 是 1:24。即, 输入 0.2 MPa 的工作空气和 0.7 MPa 的引导空气, 输出 4.8 MPa 的压力油。输出的液压油, 排量越大, 压力越低; 排量越小, 压力越高; 排量为零时, 压力最高, 为 4.8 MPa。

(2) 机械伺服阀

由阀体、阀芯和测头等组成。内部有四个油道, 通过油管分别连接油放大器、回油箱、液压油缸中活塞两侧的腔室。

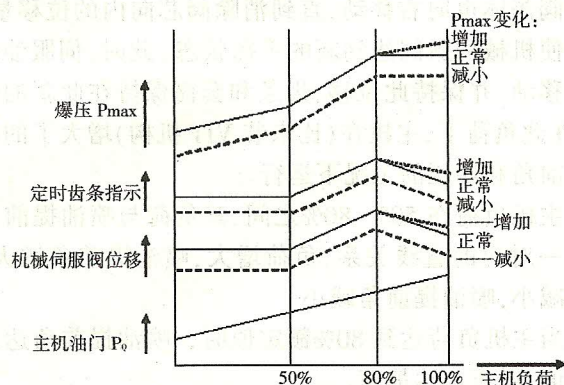


图 1 VIT 机构特性曲线

作用,是当主机负荷超过 50%额定负荷时,通过测头感应主机油门的变化,控制其内部油道的通断,从而控制压力油的输出,也相当于位置感应器。

(3) 伺服液压油缸

是 VIT 的执行机构,将机械伺服阀感应的负荷变化信号转化为油缸的位移,推动爆压调节轴偏转一个角度。

(4) 齿条机构

由装设在高压油泵方形底部的齿条、齿圈等组成。高压油泵方形底部,除下方一根油量调节齿条外,还有上方一根调节喷油提前角的齿条。

作用,是将爆压调节轴的角位移,转换为高压油泵套筒上下移动,改变套筒与柱塞的相对位置,达到改变喷油定时的目的。

(5) 调节盘

由支架、调节控制杆等组成。通过调节,使爆压转折点发生变化,即调节喷油提前角达最大值所对应的主机负荷值(正常是对应于 80%的额定负荷)。

3 VIT 机构的动作原理

随着主机负荷增大,超过 50%额定负荷时:

- ① 燃油调节轴通过连接杆,使调节控制杆偏转;
- ② 调节控制杆顶动机械伺服阀的测头,使阀芯内移离开平衡位置,从而打开机械伺服阀内的油道,使油放大器来的高压油经伺服阀进入伺服液压油缸的自由端(液压油缸另一端的液压油经伺服阀流回油箱);
- ③ 伺服油缸在两端压差的作用下,向自由端移动,并通过连接臂推动爆压调节轴向顺时针转动 θ 角;
- ④ 爆压调节轴的角位移,转换为拉动高压油泵调节喷油提前角的齿条的线位移,带动与该齿条相啮合的齿圈,齿圈再通过梯形内螺纹螺旋付,使高压油泵套筒上下移动,改变套筒与柱塞的相对位置,达到改变喷油提前角的目的。
- ⑤ 与此同时,随伺服油缸与爆压调节轴之间的传动连接臂向右(顺时针)偏转,固定在传动臂上的机械伺服阀阀体也向右移动,直到消除阀芯向内的位移量,从而使机械伺服阀达到新的平衡状态。此时,伺服油缸停止移动,并保持此位移,齿条和套筒保持在此新的位置。在此负荷下,主机在(比未装 VIT 机构)增大了的喷油提前角和爆压的工况下运行。

主机负荷在 50%~80%之间,其负荷与喷油提前角是一一对应的直线关系,负荷增大,喷油提前角增大,负荷减小,喷油提前角减小。

当主机负荷达到 80%额定值时,喷油提前角达到最大值,爆压也达最高。

当主机负荷超过 80%时,随着负荷的继续增加,主

机喷油提前角在 VIT 机构的作用下开始减小,VIT 机构的作用过程同上面正好相反。因此,当主机负荷在 80%~100%之间变化时,爆压一直稳定在额定值,并不随负荷的变化而变化。

当主机负荷达 100%时,喷油定时恢复到额定值。

4 VIT 机构的故障分析及排除

秀海轮刚买回来时,主机的 VIT 机构已失灵,即使高负荷运行时,无论主机负荷怎样变化,喷油提前角也不变,高压油泵的定时齿条在“0”刻度位不动。主机转速 90 r/min 时,排温 350 $^{\circ}\text{C}$,爆压 9.3 MPa。

针对这种情况,全面检查 VIT 机构。

(1) 油压放大器

检查油压放大器,发现其没有任何反应。因没有可供更换的备件(若在国外定购则需 2 万多元),拆检油压放大器。

拆检发现,方向控制阀卡死,气缸活塞密封老化断裂,油缸柱塞磨损严重,单向阀因关闭不严而泄漏。

问题很多,又没有任何备件可换,只好根据情况修理:

- 用“特富隆”修补磨损的柱塞,再加工到合格尺寸;
- 研磨单向阀;
- 各老化的密封全部新做;
- 拆检先导阀,等。

装复后,打开先导空气和工作空气,将其调节到 0.2 MPa 后,就听到油压放大器有节奏的泵油声。至此,油压放大器修复。

(2) 高压油泵定时齿条

主机运行中,高压油泵定时齿条不动作。

经仔细检查发现,调节盘上的导向块、导向杆、机械伺服阀的测头等部位磨损过度。于是拆检并修复这些部件,并调整各间隙值。

开航后,主机在 50%以上负荷运行时,VIT 机构的定时齿条随着负荷的变化而移动。至此 VIT 机构恢复正常工作。

(3) 伺服液压油缸

运行了两个航次后,又发现定时齿条在“0”刻度位不动了。经检查,发现油压放大器的工作频率比正常时快多了,而且主机运行时一直动作不停(正常情况下,主机稳定运行时,油压放大器两端应听到缓慢的周期性的放气声)。

根据此情况分析后,判断是伺服液压油缸内部泄漏所致。拆检伺服油缸,发现活塞密封环已老化碎裂。

更换后装复,直到现在,主机 VIT 机构运行正常。

5 VIT 机构的调整

爆压对柴油机的运转性能和可靠性影响很大,所

以,正常情况下不要调整 VIT 机构;除非该机构失灵或爆压相差很大,才做必要的调整。

调整时必须非常谨慎。任何情况下,都不可使主机爆压超过额定值。

(1) 旋转 VIT 机构的调节螺栓,可使爆压特性曲线沿增加和减小的方向平行移动(如特性曲线图的虚线所示)。

(2) 调整调节盘的调节控制杆,可使主机负荷在 80%~100% 之间时的爆压特性曲线沿增加或减小的方向偏移(如特性曲线图的点线所示)。

(3) 调节某缸的定时齿条前的松紧螺丝扣,可使各缸爆压平衡。

如果个别缸的爆压特低,可将松紧螺扣松开后,朝爆压增大的方向旋转一点,然后锁紧。

如果个别缸的爆压特高,则先调整 VIT 机构的调整螺栓,使该缸获得理想的爆压,然后再调整其它各缸

的齿条松紧螺丝。

注意,各缸都必须朝爆压增大的方向调整。也就是说,在任何情况下,都不可使单缸定时齿条的松紧螺丝朝爆压减小的方向旋转。

6 VIT 机构日常管理注意事项

- 工作空气压力保持在 0.2 MPa。
- 油压放大器前工作空气管路上的润滑器,及时注满润滑油,以保证放大器的润滑,防止干磨。
- 随时检查 VIT 机构气路和油路,及时消除泄漏。
- 随时检查各连接部位及机械伺服阀的测头等,及时消除松动。
- 各传动部件的活动部位和定时齿条,及时加油润滑。
- 保持油路畅通,定期清洗油过滤器。
- 工作空气阀和先导空气阀,主机完车后及时关闭,备车时及时打开。