

MAN-B&W10L90MC 主机缸套异常磨损与滑阀式喷油器

上海远洋运输公司 黄志涵

[内容提要] 通过对某轮 MAN-B&W10L90MC 型主机缸套异常磨损的分析,指出同类型船舶缸套异常磨损原因是滑阀式喷油器管理不善,并提出管理建议。

关键词: 船舶主机 缸套异常磨损 原因分析 喷油器 管理建议

我公司配备 MAN-B&W10L90MC 系列主机的船舶,一段时间来,主机缸套相继异常磨损,许多同行探究原因,有不同结论。

笔者经过一段时间的观察和实践认为,这些船舶均采用改进型“滑阀式”喷油器,缸套异常磨损的原因,是喷油器管理和使用不当,应加强喷油装置的管理。不揣冒昧,讨论如下,敬请指正。

1 事情经过

H 轮,主机型号 MAN-B&W10L90MC,喷油器为改进型“滑阀式”。

主机 No.7 缸,2006 年 3 月 28 日吊缸保养,主机总运行时间 27 234 小时。

2006 年 11 月 22 日,航行途中,该缸扫气高温,不得不在海上临时停车更换活塞环。当时受海况和班期条件的限制,未及测量缸套。

2006 年 12 月 20 日,该缸吊缸保养,主机总运行时间 32 146 小时,两次吊缸间主机共运行 4912 小时,距上次海上临时换活塞环 582 小时。

测量发现,缸套磨损异常严重,最大磨损量 5.50 mm(磨损极限 3.6 mm),活塞环径向磨损也相当严重,最大 3.5 mm(磨损极限 2.8 mm)。

No.7 缸两次吊缸测量数据对照见表 1。

表 1 No.7 缸两次吊缸测量数据对照

部位	2006 年 3 月 28 日			2006 年 12 月 20 日			旧环径向厚度
	前后	左右	天地	前后	左右	天地	
1	901.50	900.13	0.53	903.58	903.28	0.50	25.0
2	901.10	900.97	0.55	904.35	904.18	0.49	24.5
3	900.98	900.81	0.45	905.08	905.13	0.45	24.5
4	900.83	900.68	0.45	905.51	905.50	0.44	25.6
5	900.47	900.44		905.25	905.28		
6	900.61	900.52		904.24	904.45		
7	900.55	900.54		903.10	903.40		
8	900.33	900.37		901.55	901.78		
9	900.30	900.32		901.55	901.58		
10	900.18	900.32		901.37	901.60		
11	900.05	900.08		900.08	900.08		

查阅维修保养记录和设备运行时间统计发现,2006 年 10 月 13 日,该缸换用保养过的备用喷油器;2006 年 11 月 3 日,该缸再次更换保养过的备用喷油

器。据当时的轮机长和大管轮反映,不到 20 天再次更换喷油器的原因,是 11 月 3 日发现运行中该缸内有轻微敲击的“热爆”声。

2006 年 10 月 4 日至 2006 年 11 月 4 日主机各缸运行参数摘抄见表 2。

表 2 2006.10.4 至 2006.11.4 主机各缸参数摘抄

日期	转速 r/min	油门 格	排烟温度 °C									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11.04	77.1	108	341	346	338	345	335	329	332	326	338	334
11.03	77.3	109	336	343	337	339	333	328	356	327	329	330
11.02	76.0	110	340	347	339	345	333	329	343	327	329	338
10.27	73.0	98	331	333	333	334	322	324	336	313	318	319
10.26	74.0	99	333	337	331	336	327	326	340	319	322	321
10.24	78.0	106	336	342	334	341	329	324	342	320	321	327
10.19	77.0	108	327	335	333	335	329	321	326	319	324	321
10.18	78.5	106	341	337	338	342	331	327	336	330	329	331
10.04	77.7	110	327	334	338	338	335	326	326	317	318	325
10.03	77.0	111	327	331	337	336	322	327	323	313	326	319

2 分析判断

分析比较 No.7 缸的排温,这 20 天内有两个细微的变化:

- 11 月 3 日,与 No.8 缸的排温相差 29 °C;

- 10 月 18 日至 11 月 3 日,主机负荷相差不多时,排烟温度波动较大,且缸内有敲击的“热爆”声,而其他各缸波动不明显。

No.7 缸相继更换喷油器和活塞环后,主机扫气温度基本正常,缸套磨损也得到了有效的控制。

是 No.7 缸喷油器异常引发缸套异常磨损吗?

从时间来看,缸内有轻微敲击的“热爆”声,怀疑喷油器异常,是在 10 月 13 日至 11 月 3 日期间,发现缸套异常磨损是 11 月 22 日,可能性很大。

从缸径测量结果来看,邻近上死点的各测量部位,磨损尤为严重。

经检查确认,可排除气缸润滑等引发缸套异常磨损的因素,剩下的只有喷油器工作状态不佳导致缸套异常磨损。

H 轮 No.7 缸,换下的三个喷油器喷嘴没有保存,失去了直接证据。但从以往换下的旧喷嘴看,有些喷孔直径达 1.5 mm 以上,已超出极限 1.4 mm。

前两年,同样型号柴油主机的 F 轮和 A 轮,主机缸套异常磨损,也有喷油器的喷孔孔径超标准、孔座严重烧蚀、同一气缸三个喷油器喷射压力有差异、喷油器安装不到位、“滑阀”等部件使用时间过长、喷油嘴定位缺口与喷孔相对位置不对、喷嘴孔方向不对等现象。当

时,由于各种条件的限制,没能及时全面得到各种系统、有价值的信息,始终没能有把握地确定缸套异常磨损的原因,无法肯定地说就是喷油器技术状况不良造成了缸套异常磨损。

H 轮缸套异常磨损提供的信息,为正确分析判断提供了依据。由此,可以得出结论,是喷油器的工作状况异常,导致这些船的主机缸套严重磨损。

近一年来,按公司指示正确维护喷油器,F 轮和 A 轮主机缸套磨损都得到了有效控制。

喷油器技术状况不佳,是如何引发缸套异常磨损的呢?

喷射压力降低,喷嘴孔径超极限,都会影响雾化质量,加大油束射程,导致燃油喷到气缸壁上燃烧,破坏气缸壁上的滑油膜,使活塞环与缸套干摩擦,导致缸套异常磨损。

可见,充分理解喷油器的结构特点和工作原理,正确维护“滑阀式”喷油器,十分必要。

3 “滑阀式”喷油器

为了主机机动操纵期间使用廉价重质燃油,需要主机停车时燃油通道的燃油保持流动,以防燃油凝结堵塞油路。

为此,MAN-B&W10L90MC 型柴油机采取两项措施:一是在高压油泵顶盖上,加装一个气/电控制的停油阀(也作为“shut down”的执行机构);二是喷油器在传统的针阀结构上增加了一个滑阀式止回阀组件 003 (包括阀座 301、滑阀 302、推力片 303 和弹簧 304)等。与此同时,喷射压力提高到 $35.0 \pm 3.0 \text{ MPa}$,希望藉此提高燃油雾化质量,并减少喷射针阀偶件瑕疵和滑阀偶件瑕疵对燃油雾化质量的影响。

高压油泵的停油阀,结构和原理都很简单,毋庸赘言。

喷油针阀和“滑阀式”止回阀,如图 1 和图 2。

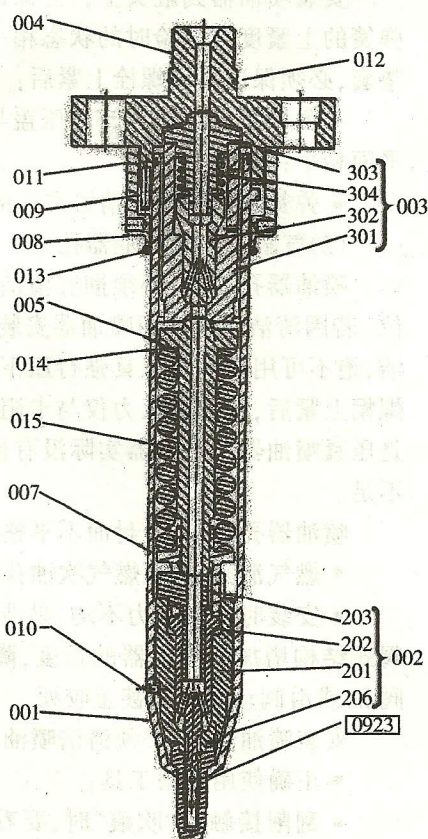


图 1 “滑阀式”止回阀

(1) 主机处于停车(或“shut down”)状态

• 高压油泵,(电控)压缩空气打开停油阀,燃油藉供油泵提供的 0.8 MPa 的压力,通过停油阀内的旁通孔回油,保持高压油泵油路燃油流动;同时燃油经高压油管进入喷油器。

• 喷油器,燃油进入,但 0.8 MPa 的燃油压力不足以打开滑阀。滑阀处于关闭状态,一方面保持滑阀推力片(标号 303)下部的回流孔开启,燃油由此流出并经喷油器上的回油孔(图中未显示)回油,保持燃油流动,防止油路堵塞;另一方面阻止燃油进入喷油针阀空间。

(2) 主机不处于停车(或“shut down”)状态

• 高压油泵,(电控)压缩空气关闭高压油泵上的停油阀,燃油不再回油,高压油泵工作,燃油经高压油管进入喷油器。

• 喷油器动作分两步:第一步,高压油泵提供的油压达到 2.0 MPa ,滑阀上升,一方面关闭止回阀推力片(标号 303)下部回流孔,阻断燃油回油;另一方面使燃油进入喷油针阀空间;第二步,高压油泵提供的油压达到 $35.0 \pm 3.0 \text{ MPa}$ (喷射压力),喷油针阀开启,燃油喷入气缸燃烧。

4 “滑阀式”喷油器管理建议

只有充分理解喷油器的结构特点和工作原理,才能按规定要求使用和保养。所以,相关人员应该仔细阅读说明书和有关资料。船上配有厂家提供的主机保养说明书,其第 909-6.1~6.5 节,有关于喷油器保养的具体要求。此外,船上还有喷油器拆装、清洁、研磨、泵压和安装工序的演示光盘,很便于了解和掌握。

下面,就与传统喷油器不同之处,提出“滑阀式”喷油器管理建议。

4.1 及时保养

喷油器换下后要及时保养,避免喷油器内残留的重油干结难以彻底清除,影响喷油压力的正确调节。

4.2 零件

(1) 喷油嘴 (0923E0063-001)

燃油喷射压力高达 $35.0 \pm 3.0 \text{ MPa}$ 。喷嘴孔径超极限,会加大油束射程,导致燃油喷到气缸壁上燃烧,破坏气缸壁上的滑油膜,使活塞环与缸套干摩擦,导致缸套异常磨损。

所以,每次保

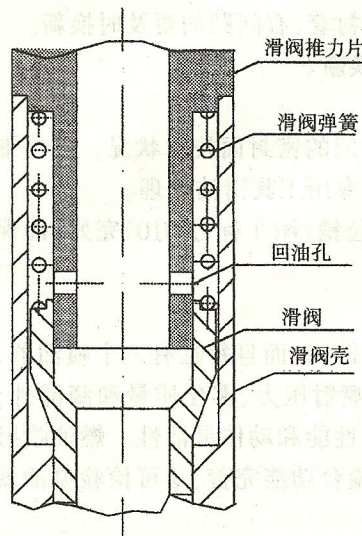


图 2 滑阀回油孔细部

养喷油器,均要用样棒(Test Pin,直径 1.45 mm)检查喷孔的通畅,超标的必须换新。

根据 MAN-B&W 服务工程师介绍,90MC 系列柴油机“滑阀式”喷油器喷孔标准直径,每一批机器可能不同,MAN-B&W 公司备件供货单上会标明送船备件的标准孔径、孔数、喷射角度,申领接收备件时必须与本船主机说明书上的相关数据认真核对。

(2) 喷油压力调节弹簧及其垫片

喷油压力调节弹簧(图 1 标号 015)直接影响喷油压力;而弹簧垫片(图 1 标号 014)直接影响喷油压力调节弹簧的预紧力。

调节弹簧和弹簧垫片,长时间使用,都会产生永久变形。

检修时,要特别关注:

- 调节弹簧的永久变形量;
- 弹簧垫片的永久变形量;以及
- 适当增加弹簧垫片,以保证喷射压力在规定的范围之内。

(3) 弹簧垫套(图 1 标号 104)

喷油器组装妥后,喷油器本体与紧固法兰不是刚性连接,而是滑动连接:

- 自由状态下,喷油压力调节弹簧不受压缩。
- 在缸头上或试验台上安装,预紧力的大小,完全取决于弹簧垫套被压缩的程度。

所以,弹簧垫套的技术状况,会影响喷油器的喷油压力。

每次维护喷油器,都要检查弹簧衬垫,发现永久变形(高度变低)、裂纹、毛糙等,应及时换新。

(4) 更新期限

• 喷嘴,根据同类船舶使用的情况,建议使用 8000 小时换新。

- 滑阀(Spindle guide),使用 8000 小时换新。
- 弹簧垫片和弹簧衬套,有问题的要及时换新。
- 其它部件,视情换新。

4.3 组装

喷油器内部各部件间的密封面技术状况,需仔细检查,发现不好的,要用专用工具清洁处理。

喷嘴,必须确保定位销(图 1 标号 010)完好,确保喷孔的位置正确。

4.4 试验

因为喷油器增加了滑阀,而且每缸有三个喷油器,所以试验项目,除燃油喷射压力、雾化质量和滴漏外,还增加了滑阀偶件密封性能和动作灵活性、燃油喷射方向等。此外,由于试验台功能完善,还可检验喷油器内部密封圈密封性能。

鉴于已有文章介绍(编者注:详细的试验方法,可

参见本刊 2007 年增刊蒋锡霖的《MAN B&W 柴油机喷油器试验台的使用》),这里强调三点。

(1) 燃油喷射压力

• 必须确认,在规定的压力范围 (35.0 ± 3.0 MPa) 内,且无滴漏;

- 只能用增减弹簧垫片(图 1 标号 014)调整;
- 每个缸的三个喷油器的喷油压力,尽量一致。

(2) 紧固

喷油器装上试验台,紧固螺母下必须加上弹簧垫套。

弹簧垫套,必须技术状况良好,上平,并保证其预紧力达到说明书的要求(见下文“4.5 安装”之(1))。

(3) 试验用油

要用说明书规定的油种,不可使用轻柴油。

4.5 安装

(1) 喷油器

安装喷油器前,必须再次在试验台上检验确认喷油压力,以保证喷油器正常工作。因为如前所述,喷油器组装妥后,喷油器本体(图 1 标号 001)与紧固法兰不是刚性连接而是滑动连接,自由状态下内部的喷油压力调节弹簧不受压缩,安装上紧过程中,组装螺帽(Union nut,图 1 标号 008)与本体内部诸零件如顶杆(Thrust spindle 图 1 标号 005)等的相对位置可能变化。

安装喷油器到缸头上,为保证安装后喷油器调节弹簧的上紧度与试验时的状态相一致,特别注意弹簧垫套,必须保证紧固螺栓上紧后:

- 弹簧垫套内的弹簧片压盖与弹簧垫套外圈的上平面相平;且
- 弹簧垫套侧面的销钉在孔的中间位置。

(2) 气缸盖上的喷油器孔

喷油器孔内部,必须彻底清洁,确保喷油器轻松到位。若因清洁不彻底而喷油器安装受阻,应重新彻底清洁,绝不可用榔头等工具强行压下。若强行压入,紧固螺帽上紧后,弹簧的压力仅与卡阻摩擦力相平衡,而不是压紧喷油器,喷油器实际没有接触到孔座或预紧力不足。

喷油器孔底座,密封面不平整可能导致:

- 燃气泄漏,高压燃气吹蚀孔座;以及
- 安装时两侧受力不均,易造成喷油器变形(因滑阀式结构增加了喷油器的长度,降低了刚度),喷油针阀和/或滑阀动作阻滞甚至咬死。

安装喷油器前,必须清洁喷油器孔座,应:

- 正确使用研磨工具;
- 刮削接触面“吹痕”时,要看好位置,谨慎处理,避免过度刮削造成孔座密封面下沉。

孔座下沉,喷油器安装位置下移,喷射的燃油束也下移,意味着喷油嘴距离相应的气缸壁越近,燃油喷到缸壁上的危险就越大。

孔座过度下沉,上紧喷油器紧固螺母时,可能导致喷油器法兰螺母(图1标号008)与喷油器孔导套(图1标号101)上缘接触,而喷油器没有接触到孔座或预紧力不足。

孔座过度下沉,必须换新缸头。换下的缸头送厂翻新修理时,要特别提醒修理厂家恢复油头喷油器孔座的尺寸(主要是恢复孔座的高度和角度)。

(3) 紧固

喷油器增加“滑阀”,使喷油器长度增加,刚度降低。若安装时两侧受力不均,可能导致喷油针阀和/或滑阀动作阻滞甚至咬死,影响燃油雾化质量。

喷油器安装不到位(喷油器本体碰到喷油器孔导套),不仅燃油漏泄,而且导致喷油压力降低、油束射程增大、雾化不良,造成缸套的异常磨损。

所以,喷油器紧固后,应保证。

- 喷油器受力均匀,无变形;
- 喷油器与喷油器孔座接触面密封;以及
- 上紧力全部作用在喷油器下部密封面与孔座

上。

为此,上紧喷油器的螺栓时:

- 必须垫好弹簧垫套,且需认真检查,发现不良应及时换新;

- 上紧紧固螺栓后,弹簧垫套内的弹簧片压盖应与弹簧垫套外圈的上平面相平,且弹簧垫套侧面的销钉在孔的中间位置;

- 紧固后,喷油器法兰与喷油器孔导套上缘间,有一定间隙。

(4) 更换喷油器后的主机运行检查

- 认真检查高压油管脉动情况,利用MIP测量喷油压力曲线等数据,分析判断喷油器工况,及时发现和处理不正常。

- 若缸内出现异常“敲击声”,即使轻微,排除机械方面的原因后,也应考虑是否喷油器状况不佳而“热爆”。可适当减小该缸油门,看声音是否变小或消失,作出进一步判断。

根据近期同类型主机因喷油器技术工况不佳产生“敲击声”、导致缸套异常磨损甚至缸套裂纹等情况,应密切关注和及时处理喷油器可能出现的问题。