

使用维修

某轮主机缸套异常磨粒磨损原因探讨

王必改

(福建交通职业技术学院, 福建福州 350007)

摘 要: 根据某轮主机缸套异常磨粒磨损的故障现象及故障发展过程, 结合柴油机磨粒磨损机理, 对该轮主机缸套异常磨粒磨损故障的原因进行了探讨与分析。分析表明: 燃油中催化剂粉末含量偏高、燃油在贮存环节受到污染及燃油净化处理不当是造成此次故障的根本原因。据此提出了加强柴油机日常维护管理的措施。

关键词: 船舶主机; 缸套; 磨粒磨损

中图分类号: TK428 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2011)06-0049-03

0 故障经过

某散货轮主机型号, MAN B&W 6L50MC; 额定功率, 6 130 kW; 额定转速, 148 r/min。

2010 年 10 月该轮从墨西哥装铝粉前往冰岛, 航行途中, 海况较差、风浪大, 特别在接近冰岛时, 海况更为恶劣。事故发生当日, 船舶除左右摇晃外, 还伴有强烈的上下颠簸。凌晨 2:00 左右, 当班二管轮发现主机 5 缸排烟温度有所升高, 当即把主机转速从 132 r/min 降到 118 r/min。大约半个小时后, 5 缸排温恢复正常, 主机转速逐渐加到 128 r/min 左右, 未发现异常。凌晨 4:30 左右, 大管轮发现主机 5 缸排温再次升高, 调小 5 缸油门, 排温再次恢复正常。10:10 左右, 5 缸排温又升高, 采用降速, 调小 5 缸油门的方法均未见明显效果, 5 缸排温明显升高约 100 °C 左右, 同时出现主机冒黑烟等现象。因海况恶劣不能长时间停车检修, 因此对 5 缸进行单缸停油, 主机使用轻油降速维持航行。一日后, 抵靠冰岛卸货港码头, 轮机部对主机 5 缸做了吊缸检查, 发现活塞头及缸套上部烟灰多, 积炭严重; 活塞头部和活塞环槽周围附着有较多的污染物; 活塞环上部 2 道环均出现断环; 经测量缸套最大磨损量为 0.98 mm, 而 5 缸缸套刚换新, 运行时间仅仅 3 146 h, 磨损速率约为 0.32 mm/kh, 高出正常磨损率十余倍, 表明缸套出现异常磨损。从外观上看, 缸套内壁和活塞环外缘有较为明显的纵向拉痕。由此判断缸套出现了严重的磨粒磨损, 因此以磨粒磨损为切入点, 对此次故障进行定位及分析。

首先, 怀疑铝粉通过扫气进入主机。通过检查

主机扫气箱、空冷器及透平滤网等进气通道, 除在透平滤网外侧有极少量铝粉外, 其余地方未明显发现铝粉, 故排除铝粉从进气道进入主机的可能。其次, 怀疑在墨西哥添加的燃油不合格, 特别是燃油催化剂微粒是否超标, 于是将油样送检。第三, 怀疑 5 缸排气阀漏气造成燃烧不良, 更换排气阀。第四, 怀疑 5 缸新换缸套在磨合期间磨合不良, 决定开航后对 5 缸缸套进行重新磨合。

之后, 本轮空放比利时装货前往委内瑞拉。空放途中, 收到燃油化验报告, 显示燃油正常, 催化剂微粒含量为 52 mg/kg, 并未超过 ISO 要求的 80 mg/kg 的标准。主机改用重油, 航行大约 1 天后, 船舶进入欧洲 SECA 区域重新改用低硫轻油, 主机未见异常。

船舶从比利时开航后第 4 天, 主机 3 缸相继出现排气温度高温报警、滑油温度高温报警和冷却水温度高温报警。停车吊缸检查发现, 该缸缸套有裂纹, 活塞环或断裂或卡死在环槽内, 缸套内表面与活塞环外表面出现纵向拉痕。吊缸更换缸套、活塞环后, 由于海况及船期的限制, 船舶继续航行。之后的半个月中, 主机其它缸也先后出现类似的故障, 先后吊缸 8 次, 更换缸套 3 个及活塞头 3 个。给船舶航行安全带来极大的威胁, 并造成了巨大的经济损失。

通过吊缸检查, 种种症状表明主机气缸出现了严重的磨粒磨损。

1 故障原因分析与排除

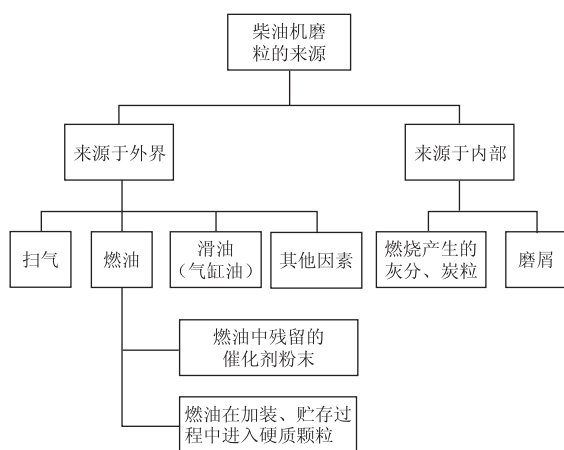
1.1 磨粒磨损的机理

磨粒磨损是摩擦副相对运动时, 硬的粗糙表面

或硬的颗粒对软的摩擦表面的微切削和刮擦等造成表面材料的耗损。缸套和活塞环的磨粒磨损是指硬质磨粒进入了气缸的摩擦面，形成磨料，磨料与两摩擦面产生挤压、滚撞，形成磨粒磨损，造成缸套与活塞环的过度磨损。

1.2 故障检查程序

根据磨粒磨损机理，显然解决此次故障的根本是寻找到磨料的来源。对于船舶主机来讲，磨料主要来源于以下两个大的方面：①来源于外界：通过扫气、燃油、滑油等进入柴油机气缸内；②来源于内部：如燃烧产生的灰分、炭粒、气缸异常磨损产生的磨屑等。基于此，结合本轮实际情况拟定了故障排除检查程序，如图 1 所示。



1.2.1 吊缸检查与故障现象分析

轮机部对主机 6 个缸都做了吊缸检查，发现缸内脏污均较为严重，活塞头部和环槽周围有混有气缸油的粉末状污染物。船舶在此航行期间，除在墨西哥装货港，机舱曾进入少量铝粉外，其余时间机舱空气质量保持良好，未受到明显污染。在冰岛检查进气通道，拆检透平滤器、空气冷却器进气道和扫气箱，均未明显发现受铝粉污染的迹象。在后期的几次检查中虽然发现扫气箱脏污速度较快，扫气箱中含有较多的深灰色的烟灰和粉末状的颗粒物，但进气通道其余部分都保持较为干净的状态。初步分析，烟灰为燃烧恶化形成的炭粒，粉末状颗粒为气缸油和燃油添加剂的燃烧产物，排除磨粒从扫气通道进入气缸的可能性。同时由于柴油机运行期间，柴油机未使用过其他牌号的气缸油，因此也初步排除气缸油受污染的可能。从事故发生的过程来看，几次的缸套异常磨损均发生在燃用墨西哥油之后，虽然对燃油进行的化验显示，燃油催化剂粉末含量未超过 ISO 标准；同时在冰岛到比利时的航程

中也对该油重新进行了试用，也未发现异常，但从对主机进行吊缸检查的情况来看，缸内粉末状颗粒物明显增多，无法给出合理解释。

经过分析认为，还是燃油环节出现问题的可能性较大，理由如下：

（1）墨西哥的燃油化验虽然显示正常，催化剂粉末的含量也未超过 ISO 的标准，但其含量相对而言明显偏高；而且通过查阅主机说明书发现，厂家推荐的标准是小于 15mg/kg。因此该燃油还是有可能造成磨粒磨损。

（2）从燃油分油机分油情况来看，排渣时油渣明显较多，虽然轮机人员增加了排渣的频率和次数，由每 4 小时排一次渣改为每 2 小时排一次渣，每次排渣也重复 2~3 遍，但分离效果可能还是不好，部分颗粒杂质进入到日用柜，进而进入到主机。

（3）在冰岛到比利时的航程中，虽然对燃油重新进行了试用，但时间较短，再考虑到换油时间，真正燃用该油的时间只有十几个小时，而且该时期尚处于异常磨损的初期，主机没有出现异常也是有可能的。

（4）在主机各缸相继出现故障后，由于海况较差，而且处于航行之中，未能对燃油系统进行彻底检查，因此无法彻底排除燃油引起故障的可能性。

根据以上分析，决定对燃油系统进行进一步的检查，同时对燃油在分油机前后及进机前等处进行取样送检。

1.2.2 燃油系统检查

首先拆检细滤器滤芯，发现有脏堵现象，滤器壳体内壁附着有少量糊状污染物，手捻，发现其为细小颗粒物。随后将各缸所有油头拆下，校验各喷油器的启阀压力和燃油喷射情况，发现其中 9 只油头有滴油现象，启阀压力下降，雾化质量变差。进一步解体检查，针阀偶件磨损较为严重，高压油泵柱塞有拉毛现象。由此可以断定，燃油中含有硬质颗粒，而且部分硬质颗粒未被细滤器过滤掉而进入了喷射系统，随燃油喷入了气缸。在对燃油系统其他部分进行拆检的过程中也发现了燃油供给管、分油机内沉积有少量粉末状物质，燃油沉淀柜、日用柜内部，燃油驳运系统中油脚较厚且有硬质颗粒杂质。种种现象显示燃油系统中含有硬质颗粒。

1.2.3 燃油化验结果分析

化验结果显示：①分油机前后水分含量偏高，即有部分水分没有被分油机分离掉，高度亲水的催化剂颗粒随水分进入到日用柜。②燃油中含有少量

铝粉。说明燃油受到了铝粉的轻度污染且这些铝粉没有被分油机分离干净。③燃油中杂质含量偏高,造成燃油分离效果变差,杂质没有被分离干净。

燃油化验结果显示,主机缸内的磨粒是通过燃油而进入到主机。其具体原因主要有三个方面:①燃油质量较差,燃油中的催化剂粉末偏高,超过柴油机厂家推荐的标准。②燃油在贮存环节出问题:燃油受到铝粉的轻度污染。③燃油净化环节出问题:分油机未能有效地分离出燃油中的水分和杂质颗粒。

由于化验结果显示燃油受到了铝粉的轻度污染,因此又对污染途径进行分析查找。检查结果发现透气管、量油管路正常,没有破损。透气管上部的“蘑菇帽”外观显示良好,但内部滤网烂穿、止回阀卡死。同时由于在加油后,主管轮机员忘记把外加的一层滤网重新包上,造成铝粉可能从透气孔进入油舱。为了进一步确认,拆掉“蘑菇帽”,发现透气管内壁粘有铝粉和水迹。由此确定铝粉是从透气孔进入油舱。

2 故障处理

首先对所有油舱的透气孔“蘑菇帽”进行解体检修;然后把船上剩余的受污染的燃油全部驳到岸上进行回收处理;对燃油系统,包括油舱、管路、燃油泵、燃油沉淀柜、日用柜及各滤器进行彻底清洁;对高压油泵进行解体清洁检修;对所有喷油器进行更换;对主机各缸重新进行吊缸清洁检修;重新加装新的燃油。至此,故障得到彻底排除。

3 事故教训及管理建议

此次事故教训深刻,不仅损坏了设备,而且影响了船期,造成重大经济损失。鉴于此次故障以及常见的磨损对柴油机缸套的侵害,在实际工作中应注意以下事项。

(1) 切实加强经过货舱的各透气管、测量管的检查、保养,发现损坏要及时修理。特别是在运铝粉等硬质粉末状货物时,要采取相应措施严防硬质粉末对船舶设备造成损坏。

(2) 在港时加强对机舱通风的管理,特别是装卸粉尘较大的货物时,要关闭机舱诸如天窗、通向外部的门等通风口;加强对风机的管理,及时对风机滤网进行清洗、检查,发现破损应及时更换;停掉部分风机,只留一台风机运行,必要时,短时关掉所有的风机,防止灰尘吹入机舱;

在发电柴油机透平进气口处外加一层滤网并注意及时更换,主机透平处还要罩上防尘罩;机舱值班人员应勤检查,当发现机舱吹入灰尘时,应及时采取措施。

(3) 严格按照船舶燃油管理规定,做好对燃油的管理工作。如定期对油柜、各过滤器进行解体清洁,发现垃圾、油泥过多要及时查明原因、消除各种隐患,确保主机在海况恶劣环境中的安全运转。

(4) 加强对分油机的管理:选择合适的比重环,特别是分不同的油时,要及时更换比重环,提高分离效果,防止油中带水或出水口跑油,在保证出水口不跑油的情况下,尽量选择较大内径的比重环,提高分油机的分水效果;提高燃油分离温度,确保加热器处于良好的工作状态以保证燃油温度保持在 98℃,提高分油效果;控制分离量,当发现燃油含有较多水分或颗粒杂质时,除加强排渣外,应采用两台分油机进行并联或串联运行,以提高燃油的净化效果。

(5) 加强对扫气箱的放残及定期清洁。防止扫气箱内积聚的过多污油泥被扫气带入缸内,影响燃烧质量及造成异常磨损。同时要经常通过扫气口检查活塞环的状况,发现断环,及时吊缸更换,并查明原因。

(6) 轮机管理人员应加强责任心并不断提高业务水平。

4 结束语

随着世界石油资源的不断消耗,油价不断攀升,石油提炼技术的不断提高,船用燃油的质量越来越差,对船舶柴油机构成的危害也越来越大。因此加强对燃油的管理、提高轮机人员的工作责任心及业务水平对保证柴油机的可靠运行及船舶的安全航行具有非常重要的意义。

参考文献

- [1] 孙祖锋. 某轮主机缸套异常磨粒磨损及原因分析[J]. 中国修船, 2010(5).
- [2] 孙玉孟. 燃油催化剂微粒超标引起的船舶柴油机故障及预防[J]. 航海技术, 2008(4).
- [3] 黄步松. 船舶柴油机[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- [4] 张叶龙. 缸套-活塞环摩擦学系统分析[J]. 中国修船, 2008(1).
- [5] 王国庆. 某轮主机缸套异常磨损原因分析[J]. 天津航海, 2007(3).