

# 船用柴油机拉缸故障分析

徐欢 俞剑 徐飞

(江南造船(集团)有限责任公司, 上海 201913)

**摘要** 作为船舶的主要动力来源, 柴油机是否能够正常工作直接决定着船舶的安全性。但是, 在船舶运行过程中难免会发生各种故障。比如: 拉缸就是船用柴油机最常见的故障, 在该故障出现后柴油机无法正常工作, 进而影响到船舶的安全行驶。基于此, 本文就船用柴油机拉缸故障进行深入的研究, 并提出相应的预防措施。

**关键词** 船舶 柴油机 拉缸

中图分类号: U664.121

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)06-0031-03

对船用柴油机而言, 拉缸是比较常见的故障, 且会影响船舶的正常行驶。从柴油机拉缸故障角度来看, 其形成的主要原因为缸套和活塞间的油膜变薄或者发生破损, 导致润滑效果较差, 更有甚者还会产生干摩擦状况, 引起缸套与活塞间温度的急剧上升, 造成其工作表面出现显微熔化、撕裂或者是黏着, 若油膜缓慢恢复或者难以恢复, 则会引起大规模的异常磨损, 活塞、缸套内壁将会造成严重破损, 在缸壁外表产生熔融流动态, 长期发展下去则会导致拉缸。

## 1 船用柴油机简介

柴油机有着十分复杂的系统, 应用涉及领域极其广泛。船用柴油机通常是由机体、配气机构、曲柄连杆机构、电器系统、冷却系统、润滑系统以及燃油系统部分构成。随着新工艺、新材料及新技术的迅速发展, 逐渐被运用于柴油机设计和生产领域, 综合技术水平大幅提升。从柴油机机体方面来看, 其主要包含缸套、缸体、油底壳以及缸盖等部分, 作为柴油机的“骨架”, 机体不仅可以用于支持及安装其他零件, 并且还是配气机构、曲柄连杆机构、润滑系统、供给系统以及冷却系统等系统的重要构成部分, 承受高压和高温, 及周期性改变的燃气作用力、惯性力等力的作用, 工作环境十分严格。为了确保连杆、活塞、凸轮轴以及曲轴等零件“耐久、可靠”的运作, 机体应当具备较高的强度及刚度, 对这些部件提供强有力的支持。

## 2 船用柴油机拉缸故障现象及形成原因分析

### 2.1 故障现象

目前, 船用柴油机拉缸故障现象主要包括:

第一, 窜气声或者异响声。在柴油机出现拉缸故

障时, 以金属棒某端贴近耳朵, 另一端靠近气缸体外表, 可清楚地听见不正常、沉重的响声, 比如: 套缸和活塞间发生的干摩擦而引起的异响声; 在加大柴油机的油门时, 敲缸声更加杂乱、严重, 同时还可听到颤抖般的异响声; 如果柴油机处在怠速状态, 则会听见窜气声或者敲缸声; 在润滑油加油口位置处可以听见漏气的声音, 与敲缸声响极其类似<sup>[1]</sup>。

第二, 柴油机的基本参数发生改变。如果柴油机的润滑油温度、排气温度、活塞冷却液出口处的温度、气缸冷却水出口处的温度出现不正常的上升, 或者柴油机功率降低、转速失衡等, 则此时可考虑已经出现拉缸故障。由于在柴油机刚出现拉缸故障时, 温度并不会比较显著的上升, 在拉缸发展至特定程度的时候, 在同种运行状态条件下, 柴油机的所有温度参数都会有较大幅度的变化。

第三, 扫气箱与曲轴箱升温。当出现拉缸故障时, 因为缸套的温度上升, 从而造成扫气箱与曲轴箱也会升温, 导致这些空间内的水份及润滑油蒸发成烟雾, 引起扫气箱向外冒烟, 甚至会导致扫气箱着火。当润滑油的加油盖打开时, 从加油口位置处会有很多烟气冒出, 同时能够闻到油焦味; 在对柴油机的排气管进行检查时, 可以看到较多的蓝黑烟气。

第四, 如果拉缸故障比较严重, 则会造成盘车曲轴无法正常运行。出现拉缸现象的气缸曲拐在越过上死点时, 则会发出敲击声, 同时还会出现柴油机功率降低、转速放缓等情况; 对出现拉缸故障的气缸采取单缸停油检查方式, 窜气声与敲击声会渐渐削弱。一般情况下, 如果拉缸故障相对轻微, 则柴油机依然可以正常工作; 如果故障比较严重, 柴油机就会熄火, 难以再次启动; 如果故障极其严重, 则会骤然熄火、

停车, 盘车时曲轴同样无法正常运行。

## 2.2 故障分类

现阶段, 船用柴油机拉缸故障的常见类型主要有以下几种:

第一, 粘着磨损, 又可称作熔着磨损, 其属于金属熔结过程, 通常被人们叫做“粘缸”, 严重威胁着缸套内壁的稳定性。其主要是因为气缸套内壁、活塞环以及活塞间的润滑油膜由于受各类因素影响而发生破损又或是无法建立, 部分滑动面出现干摩擦、形成极大的摩擦热, 造成部分滑动面形成显微的粘着和熔化<sup>[2]</sup>。

第二, 磨粒磨损, 其根本成因在于机械硬质颗粒进入到气缸中, 嵌入气缸套、活塞环与活塞的滑动面中间, 对摩擦外表形成磨料作用而造成磨损。

第三, 复合磨损, 其主要指的是缸套摩擦副和活塞组同时出现以上两种磨损形式, 比如首先出现磨粒磨损而造成燃气窜气, 导致油膜受损, 从而造成粘着磨损。复合磨损, 是多种磨损互相作用的结果, 其磨损速度通常超过单一磨损形式, 具有更强的破坏性。

第四, 腐蚀磨损, 其主要是由磨损与腐蚀共同作用的结果。气缸中的燃油在燃烧过程中往往会形成酸性气体, 如果缸壁温度小于水蒸气的露点温度, 则水蒸气与酸性气体就会通过化学反应而形成硝酸、碳酸以及硫酸等物质, 附着于气缸壁上, 产生电化学反应与化学反应, 从而生成腐蚀产物。这些金属腐蚀物在活塞环与活塞循环往复运动的过程中会剥落, 露出的金属则会再次被腐蚀, 如此也就加快了缸套的磨损速度。

## 2.3 故障形成原因

第一, 有异物进入气缸。如果异物进入到气缸中, 在柴油机处于高速工作状态时就会被活塞多次冲击, 燃烧室内温度上升, 活塞冲击强度比较大, 异物容易发生破碎, 破碎以后的大多数异物通常会跟随排气冲程被废气吹出后而造成涡轮增压器受到损坏, 还有少许异物会进入到气缸套与活塞中间, 在活塞反复运动过程中而导致活塞受伤, 最后引起拉缸现象。

第二, 润滑不良。气缸润滑不良, 很难在缸壁上生成整体性的油膜, 导致缸套和活塞环磨损更加严重, 造成漏气增加, 外泄的燃气会导致缸壁油膜受到损坏, 引起柴油机出现拉缸问题。气缸润滑不良的影响因素主要包含如下几点: (1) 气缸套注油孔被堵塞、注油器发生故障、注油管接头出现漏油等因素造成气缸供油中断又或是润滑油不足; (2) 气缸油质量差、气缸油规格选用不适等其他因素造成润滑油质量较差; (3) 四冲程柴油机的刮油环刮油过多。

第三, 受活塞环质量影响。活塞环和缸套属于是一对摩擦副, 有着互相影响、互相限制的因素, 在缸套拉伤时也会出现环拉伤, 活塞环受损还会对缸套造成影响。活塞环品质不佳会加速拉缸问题的出现, 活塞环硬度不满足需求, 镀铬层容易发生脱落, 特别是搭扣周围, 受力过度集聚, 脱落后活塞环或许会造成缸套划伤, 剥落位置的缸套和环无法通过油膜密封, 在缸套中活塞环会形成周向运作, 导致缸套恶化范围不断扩大, 环和缸套的互相作用最后引发拉缸<sup>[3]</sup>。除此以外, 活塞环发生形变, 在活塞环中发生卡滞现象, 环槽间隙太小、活塞环尺寸不符合要求, 同样会导致拉缸问题。

第四, 缸套质量问题。缸套质量如果有问题, 同样会引起拉缸故障。其常见影响因素主要包括缸套自身的材质不符合要求, 铸造以后的金相组织未达到要求, 铁素体含量较高、石墨集聚状况; 缸套加工过程中粗糙度较高, 缸套硬度比较低, 无法满足图纸需求; 缸套扫气口位置处有锐边或者凸点, 缸套注油口的油槽存在高点与毛刺, 缸套内径尺寸大小与图纸要求不符。

## 2.4 故障的诊断

第一, 检查冷却系统。一是检查冷却液的质量。高质量的冷却液应当是透明、清澈、无异味的, 以目视方式进行检查, 没有发现悬浮物、发泡以及浑浊等现象, 同样没有闻到具有刺激性的味道, 则可确定冷却液的质量是良好的。二是检查冷却液的位置。当发动机处在非运行冷态时, 需要对液位进行检查。在主机水箱盖开启以前, 应当明确冷却液温度已降低至 50℃ 下; 与此同时, 还需对主、副水箱的液位实施检查, 确保其满足要求。三是对节温器进行检查。节温器通常可使用大约 5 年时间, 长期使用则会导致阀门灵敏度有所降低, 开度同样会大幅减少。相关研究表明: 在 80 ± 2℃ 环境下, 发动机节温器的开启行程是 1 mm; 当温度达到 95℃ 时则会实现全开状态, 其升程是 10 mm。四是对风扇和水泵进行检查。对水泵外观实施检查, 观察是否存在泄漏问题, 摇动水泵轴没有松动现象, 对风扇皮带的张紧度展开检测, 如果皮带稍松则需及时加以调整。

第二, 检查润滑系统。一是对机油泵进行检查。将机油泵拆卸下来, 以手摇动油泵驱动齿轮, 看是否存在松动问题; 用机油注满机油泵, 让驱动齿轮处于转动状态, 如果感觉存在比较大的阻力, 则可初步判定机油泵并未发生损坏。二是检查机油。在手指上滴一点油且稍微捻动, 如果观察到有金属闪光, 则可确

定是拉缸磨损故障引起的金属颗粒;如果发生机油黏度比较低的情况,其或许是机油发生变质而导致的后果,也或许是燃油进入而引起的。由于黏度下降会严重影响油膜的生成,所以需要黏度下降问题保持高度关注。三是对机油滤清器进行检查<sup>[4]</sup>。将机油滤清器拆卸下来,对阀门、进出口进行清洗及检查,没有发现异常情况;更换新的滤芯后装复即可。

### 3 船用柴油机拉缸故障的预防措施

第一,强化对润滑和冷却系统的养护。对于柴油机的润滑和冷却系统,应加大养护力度,保障润滑和冷却系统可以正常运行。需进一步提高对润滑油位和冷却水位的检查频率,如果发现问题需立即进行补充,着重关注柴油机的压力和温度,发生异常状况时需立即排除,不可“带病”工作。需定期对润滑、冷却滤清器及其管路实施维护,确保其可以维持优良的运行状态,降低拉缸故障发生的可能性。

第二,在维修装配过程中,应积极推动技术创新。对活塞环的弹力与间隙、缸套和活塞的配合尺寸等进行严格检查,确保其符合要求。在进行活塞连杆装配作业以前,应确保活塞偏缸在相应范围内;在装配过程中,应完全根据维修工艺步骤完成装配工作,防止由于装配不到位而引起拉缸问题。

第三,强化对燃油系统的检查和养护。根据需求定期进行维护或是更换全新的燃油滤清器且定期排水,避免因燃油冲刷而导致润滑失效,加大缸套与活塞间的拉伤及磨损。与此同时,还需选择正规途径采购燃油,防止劣质燃油进入到柴油机中,防止因为劣质燃油导致柴油机润滑失效而引起拉缸故障。

第四,高度重视柴油机运行过程中的各类态参数值。在船舶行驶过程中,所有值班人员都需对柴油机的工作状态及工况参数保持高度关注。(1)排温指标。检查各缸排烟的温度是否符合规范要求,通常误差需确保在均值的5%以内;燃烧室密封效果差、油头滴油以及高压油泵发生故障等,均会造成排烟温度处于不正常状态。(2)汽缸油注油量指标。对应指标需满足说明书的具体规定。注油率过大,不仅会导致营运成本的增加、汽缸油的浪费、活塞环粘着、工件处沉积物更多、气口由于积碳过多而逐渐变窄等问题,同时还会引起扫气箱着火;过小的注油率,难以确保汽缸油膜的完整性,引起更加恶劣的咬缸事件。对于注油率而言,维持缸套最低磨损量和活塞环最大清洁度是其度量的最佳指标。(3)测示功图。在柴油机运行过程中,需多次测取柴油机的“P-Q功率图”和“P-V

示功图”,对各缸的工况状态展开全面分析,及时加以调整也是极其必要的<sup>[5]</sup>。若“P-Q功率图”中某缸的图形面积比较小,那么也就代表该缸所做的功较小,其或许是高压油泵或者油头发生故障;若“P-V示功图”中某缸的压缩压力显著偏低,那么也就代表燃烧室的密封效果较差,其或许是排气阀发生烧蚀漏气;若某缸的爆压过高,那么就需及时调整VIT或是单缸油门。

(4)滑油指标。现阶段的活塞冷却均是借助套管式的主机系统油进行冷却,对回油温度和流量实施检查,如果回油温度较高、流量较小,则代表活塞冷却不到位,造成活塞头温度过高,进而引起拉缸故障。(5)检查扫气箱。每月定期检查柴油机的扫气箱,观察各道活塞的磨损指标是否符合要求、外表面是否足够光亮、活塞头积碳数量、活塞令是否有卡死现象等等;与此同时,还需对缸套扫气口是否有凸台和倒角、活塞下是否有断令和金属等展开检查。利用柴油机运行过程中的实时监控,再根据每月的定期检查情况,及时发现和解决好各项问题。

### 4 结论

综上所述,柴油机是船舶必不可少的构成部分,在船舶日常运行中起着不可替代的重要作用。但是,在船舶行驶过程中,由于受各方面因素的影响,而导致船舶柴油机发生拉缸故障。当发生拉缸故障时,应及时诊断、分析故障,掌握故障形成的根本原因,且采取有效的防范措施,以确保船舶的安全行驶。

### 参考文献:

- [1] 林海,郑志强,冯显.浅析大功率柴油机高寒地区冬季冷启动运行易发生拉缸故障的原因分析[J].中国设备工程,2020(17):18-19.
- [2] 刘江涛,张鹏,李治明,等.某船用柴油机机组拉缸故障原因分析及解决方案[J].内燃机与配件,2020(05):50-52.
- [3] 叶启华,邹世顺.某型中速船用柴油机气缸套拉缸的原因分析及解决措施[J].广东造船,2019,38(01):69,73-75.
- [4] 张维新.船舶柴油机拉缸故障原因分析及预防措施[J].装备制造技术,2018(03):214-215.
- [5] 王秀芬.柴油机拉缸故障影响因素分析及预防措施[J].河北农机,2016(05):15.