

柴油机发动机故障维修

李庆华¹ 向玲芳²

1. 一拖(洛阳)柴油机有限公司 河南 洛阳 471000

2. 第一拖拉机股份有限公司 河南 洛阳 471000

摘要: 柴油机发动机故障维修涵盖对机械、燃油、进排气及电控等多系统问题的处理。常见故障有启动困难、排放超标、部件泄漏等,原因涉及润滑失效、部件老化磨损、燃油污染等。维修中,采用人工听诊观察、仪表检测、现代振动与油液分析等技术精准定位故障。坚持先易后难、由外及内维修原则,隔离故障源以防扩散。维修后,要通过测功机检测功率、测量油耗及排放等指标,并进行长时间运行监测,确保维修质量达标,发动机性能恢复。

关键词: 柴油机发动机;故障诊断技术;故障维修技术

引言:柴油机发动机凭借其热效率高、经济性好等优势,成为众多动力领域的核心设备。但在实际运行中,复杂的工作环境、频繁的启停操作以及维护不当等因素,使其极易出现各类故障,像机械部件磨损、燃油系统堵塞、电控系统失灵等。这些故障严重影响着发动机的性能和使用寿命,进而对生产运营造成阻碍。因此,掌握科学有效的故障维修方法,及时准确地排除故障,是保障柴油机发动机稳定运行的关键所在。

1 柴油机发动机常见故障分类与机理分析

1.1 机械系统故障

曲轴连杆机构故障:轴瓦磨损多因机油润滑不良或杂质进入摩擦面,导致金属间直接接触,加剧磨损;连杆断裂常由连杆螺栓松动、过载运行或材质疲劳引发,断裂后易造成缸体、曲轴等关键部件二次损坏。配气机构故障:气门间隙异常多因气门挺柱磨损、气门杆变形,导致气门开启/关闭时刻偏离设计值,影响进气效率;正时错误多由正时皮带/链条跳齿、张紧轮失效引发,造成气门与活塞运动干涉,严重时导致气门弯曲、活塞顶损坏。润滑系统故障:机油压力低可能是机油量不足、机油泵磨损或油道泄漏,导致润滑压力无法满足部件需求;油路堵塞多因机油滤芯失效、杂质堆积,造成局部润滑中断,引发部件过热磨损。冷却系统故障:水温过高常由水泵失效、节温器卡滞或冷却液不足,导致散热循环受阻;散热器堵塞多因灰尘、柳絮堆积或水垢生成,降低散热效率,长期高温会导致活塞环卡死、缸垫烧蚀^[1]。

1.2 燃油系统故障

供油不足或中断:喷油嘴堵塞多因燃油杂质沉积或喷油压力过高,导致雾化不良;高压油泵故障常由柱塞磨损、出油阀密封失效引发,造成供油压力波动,甚

至中断供油。燃油品质问题:燃油含水会导致喷油嘴锈蚀、燃烧不完全,生成积碳;杂质超标会加剧油泵、喷油嘴磨损,破坏燃油系统密封性,引发泄漏故障。共轨系统故障:电控高压共轨压力异常多因轨压传感器失效、燃油计量单元卡滞,导致轨压过高或过低,造成喷油时刻紊乱,出现怠速不稳、动力中断等问题。

1.3 进排气系统故障

增压器故障:增压器漏油多因密封环磨损、轴承损坏,机油进入进气管,引发烧机油;转速异常常由涡轮积碳、废气旁通阀卡滞,导致增压压力不足,动力下降。空气滤清器堵塞:多因滤芯长期未更换,灰尘、杂质堆积,导致进气阻力增大,进气量减少,造成燃烧不充分,油耗上升、排放超标。废气再循环(EGR)系统故障:EGR阀卡滞常由积碳堆积,导致阀门无法正常开启/关闭,过多废气进入进气道,稀释混合气,引发怠速抖动、排放超标。

1.4 电控系统故障

传感器故障:温度传感器失效会导致ECU无法准确判断水温、油温,造成冷却系统、润滑系统控制失准;压力传感器失效(如轨压、机油压力传感器)会导致ECU误判工况,引发供油、润滑异常。ECU控制单元故障:多因电压波动、进水或内部元件老化,导致ECU无法正常接收/输出信号,造成发动机启停困难、工况失控,甚至无法启动。线路连接问题:线路短路常由绝缘层破损、接线端子进水,导致电流过大,烧毁传感器或ECU;线路断路多因端子松动、导线断裂,造成信号中断,ECU无法获取关键工况数据,引发故障报警^[2]。

1.5 其他典型故障

启动困难或无法启动:可能是电瓶电压不足、启动机故障(机械系统),或燃油系统供油中断、电控系统

传感器失效，导致ECU无法正常控制启动流程。异常振动与噪声：机械系统（如曲轴失衡、轴承磨损）会引发机械振动；燃油系统（喷油不均）、进排气系统（增压器异响）会产生异常噪声，长期振动会加剧部件松动、疲劳损坏。排放超标（黑烟、蓝烟）：黑烟多因进气不足（空滤堵塞）、燃油雾化不良（喷油嘴故障），燃烧不完全；蓝烟常由烧机油（增压器漏油、活塞环磨损）引发，污染物排放超出标准限值。

2 柴油机发动机故障诊断技术

2.1 传统诊断方法

人工经验诊断：听诊法通过听诊器判断发动机异响来源，如曲轴轴承异响多为沉闷“咚咚”声，气门异响为清脆“嗒嗒”声；观察法通过查看排气颜色（黑烟为燃烧不完全、蓝烟为烧机油）、机油状态（乳化为进水、变黑为变质），初步定位故障类型，操作便捷但依赖技师经验。仪表检测法：压力表测量机油压力、燃油压力，若机油压力低于标准值，可能为机油泵磨损或油路泄漏；温度计监测冷却液温度、机油温度，判断冷却系统是否异常；万用表检测电控系统线路通断、传感器电压，排查短路、断路或传感器失效问题，数据直观且成本低。拆解检查法：对疑似故障部件分步解体，如怀疑连杆轴承故障时，拆解油底壳、连杆盖检查轴承磨损情况，能直接发现损坏部件，但拆解耗时久、易对部件造成二次损伤，多用于传统诊断无法定位的故障。

2.2 现代诊断技术

振动分析技术：通过振动传感器采集发动机振动信号，频谱分析将信号转化为频率图谱，识别异常频率对应的故障（如曲轴失衡对应特定频率峰值）；时域分析通过振动波形变化，判断部件磨损程度，可早期发现轴承、齿轮等隐性故障。油液分析技术：铁谱分析通过铁谱仪分离机油中金属颗粒，根据颗粒大小、形态判断磨损部件（如大颗粒多为严重磨损、细颗粒为正常磨损）；光谱分析通过光谱仪检测机油中金属元素含量，量化部件磨损速率，实现预测性维护。红外热成像技术：利用红外热像仪拍摄发动机温度场分布，若局部温度异常偏高（如缸盖某区域过热），可能为气门密封不良或冷却系统堵塞；可非接触式检测，避免高温部件对检测人员的伤害。故障码读取技术：借助诊断仪连接发动机OBD系统，读取ECU存储的故障码（如P0234为增压压力过高），快速定位电控系统故障（如传感器失效、线路问题），缩短诊断时间，广泛应用于电控柴油机。人工智能诊断方法：神经网络模拟人类大脑思维，通过训练大量故障数据，自动识别故障特征；专家系统整合领域专家经验，建立故障诊断规则库，输入

故障症状即可输出可能原因与解决方案，适用于复杂多故障叠加场景^[3]。

2.3 故障诊断流程优化

从症状到原因的逻辑推理：以故障症状（如启动困难）为起点，按“症状→关联系统→疑似部件→检测验证”逐步推导，避免盲目排查，如启动困难先排查电瓶、启动机（机械系统），再查燃油供给（燃油系统）、传感器信号（电控系统），提高诊断针对性。多技术融合诊断策略：结合传统与现代技术，如先通过故障码读取初步定位电控故障，再用振动分析验证机械部件状态，最后用油液分析判断磨损情况，多维度验证故障原因，减少误诊率。远程诊断与大数据应用：通过车载终端将发动机运行数据上传至云端，技术人员远程监测数据异常；利用大数据分析海量故障案例，挖掘故障规律（如某型号柴油机EGR阀易在特定里程卡滞），实现故障预警与批量问题快速解决，降低维修成本。

3 柴油机发动机维修技术与策略

3.1 维修原则与流程

先易后难、先外后内：维修时优先排查简单易操作的故障点，如检查电瓶电压、机油液位等基础项，再深入复杂部件；先检测外部可直接观察的系统（如进气管、冷却水管连接），再拆解内部核心部件（如缸体、曲轴），减少不必要的拆解操作，降低维修成本与时间成本。例如，发动机动力下降时，先检查空气滤清器是否堵塞（外部易查项），再拆解高压油泵（内部复杂项）。故障源确认与隔离：通过诊断技术明确故障核心原因后，需对故障部件或系统进行隔离，避免故障扩散。如发现喷油嘴堵塞导致供油异常，需先断开该喷油嘴的供油管路，防止堵塞的杂质进入其他喷油嘴或高压油泵；对于电控系统故障，可通过断开疑似故障传感器的线路，观察故障是否消失，进一步确认故障源，确保维修目标精准。维修记录与数据追溯：详细记录维修全过程，包括故障症状、诊断方法、更换部件型号、维修参数调整（如气门间隙数值、喷油压力校准值）等信息；同时留存维修前后的性能数据（如功率、油耗），建立设备维修档案。这些记录可用于后续故障追溯，若同类故障再次出现，能快速参考历史维修方案，也为设备全生命周期管理提供数据支撑。

3.2 典型故障维修方法

机械部件更换与调整：更换轴瓦时，需先清洁曲轴轴颈与瓦座，确保无杂质，再按规定扭矩拧紧瓦盖螺栓，防止轴瓦间隙过大或过小；更换活塞环时，需检查活塞环开口间隙、侧隙，确保符合技术标准，避免因间

隙不当导致烧机油或动力损失；调整气门间隙时，需在发动机冷态下，使用塞尺测量，通过旋转调整螺钉将间隙校准至设计范围，保证配气机构正常工作。

燃油系统清洗与校准：清洗喷油器时，使用专用喷油器清洗机，通过超声波去除喷油嘴积碳，再进行密封性测试与喷油雾化检测；校准高压油泵时，借助油泵试验台，调整柱塞行程或出油阀压力，使供油压力与油量符合发动机工况要求；共轨系统维修后，需使用诊断仪对轨压进行重新校准，确保喷油时刻与油量精准。

电控系统修复与编程：更换失效传感器后，需通过诊断仪进行传感器匹配，确保ECU能正常接收信号；ECU出现程序故障时，需连接专用设备刷新ECU程序，恢复原始控制逻辑；对于线路短路或断路问题，需更换破损导线、修复接线端子，并用万用表检测线路通断性与绝缘性，确保电控系统信号传输稳定。

密封件更换与泄漏处理：更换缸垫时，需先平整缸盖与缸体结合面，清除残留密封胶，再涂抹专用密封胶并按对角顺序拧紧缸盖螺栓，防止冷却液或机油泄漏；维修油底壳、气门室盖等部件时，需更换老化的密封圈，确保密封面无杂质，避免因密封不良导致机油渗漏，影响润滑系统功能^[4]。

3.3 预防性维护技术

定期保养计划制定：根据发动机使用工况（如载重、运行环境）与厂家建议，制定个性化保养周期，如每5000公里更换机油与机油滤芯，每20000公里检查空气滤清器与燃油滤清器，每60000公里检测增压器与EGR系统；明确保养项目、周期与操作标准，避免因保养不及时导致部件过早磨损。**关键部件寿命预测：**基于振动分析技术，通过长期监测曲轴、轴承等部件的振动数据，建立磨损趋势模型，预测部件剩余寿命；利用油液分析技术，跟踪机油中金属元素含量变化，若铁、铜元素含量突然升高，可预判轴承、齿轮等金属部件即将出现严重磨损，提前安排更换，避免突发故障。**在线监测与预警系统应用：**在发动机关键部位安装温度、压力、振动等传感器，实时采集运行数据并传输至监控平台；系统设定参数阈值，当数据超出正常范围（如水温过高、机油压力过低）时，自动发出声光预警，提醒工作人员及

时检查处理，实现故障早期发现与干预，降低故障造成的损失。

3.4 维修质量评估

维修后性能测试：通过测功机检测发动机功率，对比维修前后功率数据，确保动力恢复至额定值95%以上；测量发动机怠速与额定转速下的油耗，验证燃油经济性是否达标；使用排放检测设备检测尾气中黑烟、氮氧化物等污染物含量，确保符合国家排放标准；同时检查冷却系统、润滑系统的压力与温度，确认各系统运行参数正常。**可靠性验证：**进行长时间运行监测，如让发动机在额定负荷下连续运转4-8小时，期间定期检查各部件温度、异响、泄漏情况，记录运行数据；停机后拆解关键部件（如喷油嘴、轴承），观察磨损与密封状态，判断维修质量是否稳定；若长时间运行中无故障，部件状态良好，说明维修达到可靠性要求，可确保发动机后续稳定运行。

结束语

柴油机发动机故障维修是一项兼具技术性与实践性的工作。通过本次对常见故障类型、成因及维修方法的深入探讨，我们清晰认识到准确诊断与规范操作的重要性。在实际维修中，需综合运用多种检测手段，结合丰富经验，精准定位故障点。未来，随着技术发展，维修技术也将不断革新。维修人员应持续学习，提升专业素养，以适应新变化。只有如此，才能高效解决柴油机发动机故障，保障设备稳定运行，为各行业生产发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 罗蓉,陈振庆,熊华.汽车柴油发动机疑难故障维修分析[J].汽车维修技师,2024,(06):91-93.
- [2] 刘子昌,李思雨,裴模超,刘洁,孟硕,吴巍屹.基于纹理分析的柴油发动机故障诊断方法[J].兵工学报,2024,(06):68-69.
- [3] 陈健,孟祥超,李勇,曾亮.工程机械柴油发动机的状态检测与故障诊断研究[J].内燃机与配件,2022,(10):99-101.
- [4] 李则龙,丁国强.柴油发动机故障诊断技术研究与应用[J].珠江水运,2024,(11):53-55.