

康明斯柴油发动机常见故障诊断与维修技术研究

王乃利

中海石油（中国）有限公司上海分公司 上海 200000

【摘要】：康明斯柴油发动机凭借动力强劲、可靠性高、燃油经济性好等优势，广泛应用于工程机械、交通运输、发电机组等多个领域，是工业生产和物流运输的核心动力设备。设备长期处于重载、连续运转、复杂工况下，易出现各类故障，影响设备正常运行，甚至造成停机损失和安全隐患。本文结合康明斯柴油发动机的结构特点与工作原理，梳理日常运维中常见的故障类型，分析各类故障的核心成因，总结针对性的诊断方法与标准化维修技术，同时提出预防性维护建议，旨在提升发动机故障排查效率，延长设备使用寿命，降低运维成本，为相关技术人员的实操工作提供参考。

【关键词】：康明斯柴油发动机；故障诊断；维修技术；预防性维护

DOI:10.12417/2811-0528.26.11.021

1 引言

当前，康明斯柴油发动机逐步向电控化、智能化升级，配备 ECU 电控模块、传感器、高压共轨燃油系统等先进部件，故障诊断也从传统机械排查转向机械与电控结合的综合诊断模式。因此，掌握科学的故障诊断逻辑、规范的维修操作流程，是保障发动机稳定运行的关键。本文聚焦常见高频故障，结合实操经验，系统阐述诊断与维修要点，兼顾传统机械故障与电控系统故障，提升研究内容的实用性和指导性。

2 康明斯柴油发动机常见故障类型及成因分析

2.1 启动系统故障

启动故障是康明斯柴油发动机最基础的高频故障，主要表现为无法启动、启动迟缓、启动后立即熄火三种情况。核心成因主要分为电路、油路、机械三类：电路方面，多为蓄电池亏电、接线柱松动锈蚀、启动电机故障、ECU 供电异常导致；油路方面，低压油路进气、燃油滤清器堵塞、输油泵供油不足、喷油器雾化不良是主要诱因。

2.2 动力不足故障

燃油系统中，高压油泵磨损、喷油器堵塞或滴油、燃油管路压力不足，会导致燃油喷射量不足、雾化效果差，燃烧不充分；进气系统中，空气滤清器堵塞、涡轮增压器失效、进气管路漏气，会造成进气量不足，空燃比失衡；机械部件中，气缸套与活塞环磨损、气门密封不严，会降低气缸压缩压力，影响燃烧做功效率。同时，电控系统中传感器信号偏差、ECU 参数异常，也会导致喷油量控制失误，引发动力下降。

2.3 异常排烟故障

康明斯柴油发动机正常运转时排烟应无色或淡灰色，出现黑烟、蓝烟、白烟均属于异常排烟，不同烟色对应不同故障根源。黑烟主要因空燃比过小，燃油燃烧不充分，未充分燃烧

的碳颗粒随废气排出，多由进气不足、喷油量过大、喷油器故障导致；蓝烟是机油进入燃烧室参与燃烧所致，常见原因是活塞环磨损卡死、气门油封老化损坏、涡轮增压器油封渗漏，导致机油窜入气缸；白烟多为冷却液或未雾化的燃油随废气排出，冷启动时短暂白烟属于正常现象，若持续排烟，多为缸垫破损、缸盖裂纹导致冷却液渗入气缸，或喷油正时偏差、燃油雾化极差引发。

2.4 温度与润滑系统故障

冷却系统故障主要表现为水温过高、散热不良，严重时出现开锅现象，核心原因包括散热器堵塞、节温器卡滞、水泵叶轮磨损、冷却液不足或变质，导致散热循环不畅，发动机缸体、缸盖温度超标，易引发部件变形、拉缸等严重故障。润滑系统故障多为机油压力过低、机油消耗过快、机油乳化，机油压力不足多因机油泵磨损、油道堵塞、机油滤清器堵塞导致；机油乳化则是冷却液混入机油，多由缸垫破损、缸体水道裂纹引发，会大幅降低润滑效果，加剧轴瓦、曲轴等部件的磨损。

3 康明斯柴油发动机故障诊断方法

3.1 直观诊断法

直观诊断是基础且高效的初步排查方法，依托技术人员的视觉、听觉、触觉、嗅觉，结合发动机运转状态快速判断故障方向。通过观察排烟颜色、冷却液和机油液位、管路有无渗漏、部件有无变形锈蚀，判断燃烧、润滑、冷却系统状态；通过听诊发动机运转异响，定位气门、曲轴、涡轮增压器等部件的异常；触摸缸体温度、管路压力，感知运转工况；闻取燃油、机油、烧焦气味，判断有无渗漏、部件烧蚀情况。直观诊断适用于故障初期的快速筛查，可排除简单外部故障，减少不必要的拆解。

3.2 仪器诊断法

针对电控系统故障和精密机械故障,需借助专业仪器开展精准诊断。使用康明斯专用诊断仪,连接ECU接口读取故障码和数据流,分析传感器信号、燃油轨压、进气压力、转速等参数,快速定位电控部件故障;使用气缸压力表检测气缸压缩压力,判断气缸、活塞环、气门的密封性能;使用燃油压力表检测油路压力,排查低压油路进气、油泵故障;使用万用表检测传感器电阻、线路通断,判断电路故障;使用听诊器精准定位机械异响声源,区分气门异响、轴瓦异响、油泵异响。仪器诊断可避免盲目拆解,提升故障定位的准确率和效率。

3.3 分步排查法

遵循“先外后内、先易后难、先电控后机械”的原则,开展分步排查。先检查外部部件,如蓄电池、滤清器、管路、插头等易排查部位,排除简单故障;再逐步深入内部,检查油路、气路、机械部件;电控发动机优先排查故障码和传感器参数,再排查机械故障。针对复杂故障,采用排除法逐一剔除无故障部件,精准锁定故障根源,避免维修过程中扩大故障范围。

4 针对性维修技术与实操要点

4.1 启动故障维修

针对电路类启动故障,先检测蓄电池电压和接线柱,清理锈蚀、紧固接头,亏电蓄电池及时充电或更换;检查启动电机碳刷、线圈,损坏部件直接更换;排查ECU供电线路,修复短路、断路问题,确保供电稳定。针对油路类故障,排空低压油路空气,更换堵塞的燃油滤清器,检查输油泵工作状态,磨损部件及时更换;校准喷油器雾化性能,修复或更换雾化不良的喷油器。

4.2 动力不足故障维修

先清理或更换堵塞的空气滤清器,检查进气管路密封性,修复漏气部位;检修涡轮增压器,清理叶轮积碳,更换磨损的轴承和油封,保障增压效果。燃油系统方面,检测高压油泵压力,磨损严重时进行校泵或更换;清洗或更换喷油器,调整喷油正时,保障燃油充分燃烧。机械部件方面,更换磨损的活塞环、气缸套,研磨密封不良的气门,恢复气缸压缩压力。电控系统方面,根据诊断仪数据,更换故障传感器,修复线路故障,重新校准ECU参数,确保喷油量和进气量匹配。

参考文献:

- [1] 仲崇成,邹明虎.大功率柴油发动机常见故障及预防措施研究[J].内燃机与配件,2024,(08):81-83.
- [2] 费锦焰.康明斯柴油发动机常见故障原因与预防措施研究[J].内燃机与配件,2024,(07):80-82.
- [3] 张世秋.油田用柴油发动机常见故障分析与维修分析[J].内燃机与配件,2022,(04):176-178.

4.3 异常排烟故障维修

异常排烟故障要准确区分出烟色对应的故障原因,防止盲目维修造成问题的延误,黑烟故障主要是混合气过浓、燃烧不完全,维修时首先要全面改善空燃比,彻底清除进气歧管、节气门、进气道内的积碳,保证进气畅通,然后检修涡轮增压器的增压效果,排除增压不足造成的进气量不足问题,再通过诊断仪调节喷油量参数,更换雾化不良、滴油的故障喷油器,全程检测尾气排放,逐步改善至黑烟消失。蓝烟故障主要是机油参与燃烧,维修重点是全面解决机油渗漏问题,拆解发动机检查活塞环磨损、卡滞情况,老化、断裂的活塞环直接更换,更换硬化、密封失效的气门油封,修复涡轮增压器中间体油封渗漏部位,杜绝机油窜入燃烧室,同时检查机油液位,严格按照标准加注,避免机油过量导致渗漏窜烧,维修后怠速和加速运转观察,直到蓝烟完全消除为止。

4.4 温度与润滑系统故障维修

冷却系统故障维修首先要找出发动机高温、水温异常报警的主要原因,维修前先停机冷却到常温,防止高温冷却液喷溅烫伤,先检查冷却液液位和冰点,缺失、变质、不符合季节标准的冷却液全部补充或者更换原厂合格产品,拆卸散热器,彻底清除表面的灰尘、蚊虫、杂物等堵塞物,用专用除垢剂清洗内部水垢、锈蚀,保证散热风道和冷却液循环畅通;更换启闭卡滞、开启温度异常的节温器,防止大循环不能开启造成高温,拆解检修水泵叶轮,清理叶轮水垢,更换磨损的水泵轴承和水封,修复开裂、老化、渗漏的水管和接头,全程做好密封检测,保证冷却循环系统无渗漏、循环流畅,维修后启动发动机,监测水温变化,直到水温稳定在正常工作区间。润滑系统故障维修时先热车怠速运转片刻,待机油升温后放油,彻底放净旧机油,同步更换全新机油滤清器,杜绝旧机油残留杂质磨损部件,检修机油泵泵油压力和工作状态,泵油无力、泄压的及时更换,逐一疏通堵塞的油道,保证机油输送到位。

5 结论

康明斯柴油发动机的故障类型多样,成因涉及机械、油路、气路、电控等多个系统,故障诊断需结合直观判断与仪器检测,遵循科学的排查逻辑,精准定位故障根源。维修工作需坚持标准化、规范化操作,针对不同故障类型采取针对性修复措施,兼顾维修质量和效率。同时,重视预防性维护,建立全周期运维体系,可有效降低故障发生率,减少停机损失,保障发动机持续稳定运行。