

柴油机冷却系统常见故障分析与处理

谢丙友 孟磊 王海涛 陈东 杨佳 马帅
山西柴油机工业有限责任公司 山西 大同 037036

摘要: 随着工业发展与交通运输业进步,柴油机应用愈发广泛。本文聚焦柴油机冷却系统,先阐述其系统组成与工作原理,为后续分析奠定基础。接着详细剖析常见故障,涵盖冷却液泄漏、高温报警、低温运转异常、风扇系统故障及冷却液变质等情况,并深入探究各类故障产生的原因。针对这些故障,提出切实可行的处理策略,包括修复泄漏、处理高温低温问题、维护风扇系统、净化冷却液等,同时给出预防性维护建议,旨在为柴油机冷却系统的稳定运行提供全面指导。

关键词: 柴油机;冷却系统;故障分析;处理策略

引言: 在各类工业生产和交通运输领域,柴油机作为重要的动力源,发挥着不可替代的作用。而冷却系统作为柴油机的关键组成部分,其运行状态直接影响着柴油机的性能与寿命。一旦冷却系统出现故障,可能导致柴油机过热或过冷,进而引发功率下降、零部件磨损加剧甚至损坏等严重问题,影响设备的正常运行和生产效率。因此,深入分析柴油机冷却系统常见故障并探索有效的处理策略具有重要的现实意义,有助于保障柴油机的可靠运行,降低维修成本,提高经济效益。

1 柴油机冷却系统概述

1.1 系统组成

柴油机冷却系统主要由散热器、水泵、节温器、冷却风扇、水套及连接管件构成。散热器通过金属散热片将冷却液吸收的热量散发至空气中,其核心结构包括上/下水室、散热器芯及压力阀。水泵由曲轴通过皮带驱动,采用离心式设计,通过叶轮旋转强制冷却液循环,确保冷却液在发动机水套、散热器间持续流动。节温器为双阀皱纹筒式结构,内含低沸点溶液(15%乙醚+85%水),根据水温自动调节阀门开闭,控制冷却液流向(大循环或小循环)。冷却风扇多为六叶吸风螺旋桨式设计,与散热器配合增强空气流动,部分机型采用与水泵同轴的高速风扇。水套铸造于发动机缸体和气缸盖内,为冷却液提供流动通道。此外,温度传感器实时监测冷却液温度,并将信号传递至ECU或水温表,辅助驾驶员或控制系统调整工作状态。

1.2 工作原理

柴油机冷却系统通过循环冷却液实现热量传递与温度调控。发动机工作时,燃油燃烧和部件摩擦产生大量热量,若未及时散热,会导致零件强度下降、润滑失效甚至损坏。冷却系统采用闭式强制循环模式:水泵将

冷却液从散热器抽出并加压,推送至发动机水套吸收热量,随后冷却液流入散热器芯,通过自然对流或风扇辅助散热,降温后回流至水泵形成循环。系统具备双循环模式:低温时,节温器关闭散热器通路,冷却液经小循环快速升温;高温时,节温器开启,冷却液通过大循环经散热器散热,维持发动机在80-90℃最佳温度范围。风扇转速由ECU根据水温信号控制,部分机型通过硅油离合器实现按需调节。冷却液通常为水与防冻液混合物,防止低温结冰和高温沸腾,同时抑制水垢生成,保障系统长效运行^[1]。

2 柴油机冷却系统常见故障分析

2.1 冷却液泄漏

冷却液泄漏是柴油机冷却系统的常见故障,多源于部件老化、损坏或连接松动。散热器芯体因长期受冷却液腐蚀、振动冲击,易出现裂缝或砂眼;水泵密封圈磨损、水封失效,会导致冷却液从轴端渗出;管路接口处橡胶垫老化、螺栓松动,也会引发泄漏。此外,气缸盖、缸体水套裂纹,或发动机受到外力撞击导致结构破损,同样会造成冷却液外泄。冷却液泄漏会直接导致系统冷却液量减少,循环散热能力下降,若未及时补充,易引发发动机过热,加剧零部件磨损,严重时甚至造成拉缸、爆瓦等重大故障,影响发动机的正常运行和使用寿命。

2.2 高温报警

柴油机冷却系统高温报警,通常与冷却液循环不畅、散热能力不足或发动机负荷过大有关系。节温器卡滞在关闭状态,冷却液无法进入大循环,热量无法有效散发;水泵叶轮磨损、传动带打滑,导致冷却液流量不足;散热器表面被灰尘、杂物堵塞,或内部水垢堆积,影响空气流通和热交换效率。同时,发动机长时间高负

荷运转，产生的热量超出冷却系统散热能力，也会触发高温报警。高温会使发动机零部件热膨胀，配合间隙改变，导致润滑油变质、粘度下降，加剧磨损，甚至引发活塞熔顶、气门烧蚀等严重后果。

2.3 低温运转异常

柴油机低温运转异常主要表现为启动困难、动力下降和油耗增加。在低温环境下，冷却液温度过低，机油粘度增大，发动机各部件间的摩擦阻力增加，导致启动阻力大，难以正常启动。即使启动成功，由于燃油雾化不良，混合气燃烧不充分，发动机动力输出不足，且燃油消耗量明显上升。此外，低温时，节温器可能长时间处于小循环状态，冷却液无法及时吸收发动机热量，导致发动机长时间处于低温运行，进一步加剧了启动困难和动力不足的问题。长期低温运转还会加速零部件磨损，影响发动机的可靠性和耐久性。

2.4 风扇系统故障

风扇系统故障会影响柴油机冷却系统的散热效果。风扇皮带松弛、断裂，会导致风扇转速不足或停止转动，无法有效增强散热器周围的空气流动，使散热能力下降。风扇电机故障，如电机绕组短路、断路或碳刷磨损，会导致风扇无法正常启动或运转不稳定。风扇叶片变形、损坏，会破坏空气流动的均匀性，降低散热效率。此外，风扇控制电路故障，如温度传感器损坏、继电器失灵，会导致风扇不能根据发动机温度自动调节转速，要么一直高速运转浪费能源，要么在需要散热时不运转，引发发动机过热。

2.5 冷却液变质

冷却液变质会严重影响柴油机冷却系统的性能。冷却液中的防冻剂、防腐剂等添加剂会随时间逐渐消耗，导致其防冻、防腐、防垢等性能下降。长期使用硬水作为冷却液，水中的钙、镁离子会形成水垢，附着在散热器内壁和水套中，降低热交换效率，阻碍冷却液循环。同时，冷却液与空气接触，会发生氧化反应，产生酸性物质，腐蚀散热器、水泵等金属部件，导致泄漏。冷却液变质还会使沸点降低，在高温下容易沸腾，产生大量气泡，影响冷却液的循环和散热效果，进而引发发动机过热，危及发动机的安全运行^[2]。

3 柴油机冷却系统故障处理策略

3.1 冷却液泄漏修复

冷却液泄漏修复需根据泄漏部位和原因采取针对性措施。若散热器芯体出现裂缝或砂眼，对于微小渗漏，可先清理泄漏处表面，使用专用的散热器堵漏剂进行修补，按照产品说明均匀涂抹在渗漏部位，待其固化后

检查密封效果；若渗漏严重，则需更换散热器总成。水泵密封圈磨损导致泄漏时，应先排空冷却系统内的冷却液，拆卸水泵，更换新的密封圈，安装时注意密封圈的安装位置和方向，确保安装到位。管路接口处橡胶垫老化、螺栓松动引起的泄漏，需更换新的橡胶垫，并使用合适的工具按照规定扭矩拧紧螺栓，避免过紧或过松。对于气缸盖、缸体水套裂纹造成的泄漏，若裂纹较小，可采用焊接或胶粘的方法进行修复；若裂纹较大或修复后效果不佳，则需更换气缸盖或缸体。修复完成后，需向冷却系统内添加适量的冷却液，启动发动机并怠速运转一段时间，观察是否有新的泄漏点，确保冷却系统密封良好，恢复正常工作。

3.2 高温报警处理

当柴油机出现高温报警时，需立即采取措施防止发动机进一步受损。首先应安全停车，让发动机怠速运转一段时间，切勿直接熄火，因为突然停机可能导致热量积聚，加剧零部件损坏。接着检查冷却液液位，若液位过低，需待发动机冷却后，缓慢添加符合规格的冷却液至合适刻度，避免因急加冷却液导致缸体骤冷开裂。同时查看冷却液是否变质，若出现浑浊、有沉淀物等情况，需及时更换。检查节温器是否卡滞，可将其放入热水中观察阀门开启情况，若无法正常开启，需更换节温器。查看水泵是否正常工作，检查传动带是否松弛或断裂，若有异常需调整或更换。清理散热器表面的灰尘、杂物，确保空气流通顺畅。若散热器内部水垢过多，可使用专业的散热器清洗剂进行清洗。此外，还需检查发动机负荷是否过大，避免长时间高负荷运行。处理完故障后，重新启动发动机，观察水温表指针是否恢复正常，若仍高温报警，则需进一步深入检查，排查是否存在其他隐藏故障，确保冷却系统恢复正常散热功能。

3.3 低温故障排除

柴油机低温运转异常会严重影响其性能与可靠性，及时排除低温故障十分必要。若启动困难，先检查蓄电池电量。低温下，蓄电池性能下降，可用万用表测量电压，若低于正常值，需充电或更换。同时，检查启动电机，确保其能正常带动发动机运转。针对动力下降和油耗增加问题，查看节温器是否卡在开启状态，导致冷却液一直处于小循环，发动机升温缓慢。可将节温器置于热水中，观察其是否能在规定温度开启和关闭，若不能正常工作，需更换。检查机油粘度，低温时机油粘度增大，会增加发动机运转阻力。应根据当地最低气温，选用合适粘度等级的机油。还要检查燃油系统，低温易使燃油中蜡质析出，堵塞燃油滤清器。可更换燃油滤清

器,并使用符合低温标准的燃油。此外,检查发动机预热装置,如预热塞、进气预热器等是否正常工作。若预热装置故障,发动机在低温下难以快速达到适宜工作温度。排除这些故障后,重新启动发动机,观察其运转情况,确保低温故障得到彻底解决。

3.4 风扇系统维护

风扇系统对柴油机冷却至关重要,有效维护能保障其稳定运行,避免因散热不良引发故障。日常检查中,要查看风扇皮带状况。皮带过松会导致风扇转速不足,影响散热效果,可用手指按压皮带中部,若下陷量超过规定值,需及时调整张紧度;若皮带出现裂纹、磨损严重,应立即更换,防止运转中断裂。风扇电机是关键部件,需定期检查其工作情况。可通过听电机运转声音判断是否有异常杂音,若有则可能是电机内部故障。同时,用万用表测量电机电阻,若阻值与标准值偏差过大,说明电机损坏,需更换新电机。风扇叶片也不容忽视,要检查其是否有变形、断裂或松动现象。变形、断裂的叶片会破坏空气流动的均匀性,降低散热效率,应及时更换;松动的叶片在运转中可能脱落,造成安全隐患,需紧固牢固。此外,要保持风扇控制电路的清洁和良好连接,定期检查温度传感器、继电器等元件是否正常工作。若控制电路出现故障,会导致风扇不能根据发动机温度自动调节转速,影响散热效果。通过全面细致的维护,确保风扇系统始终处于良好状态。

3.5 冷却液净化

冷却液在柴油机冷却系统中循环使用,会逐渐积累杂质、产生水垢并发生变质,影响冷却效果和发动机寿命,因此冷却液净化十分必要。对于冷却液中的悬浮杂质,可采用过滤的方法进行净化。可使用专用的冷却液过滤器,将其安装在冷却系统的管路中,冷却液在循环过程中会通过过滤器,其中的杂质会被过滤材料截留,从而达到净化冷却液的目的。定期更换过滤器中的过滤材料,以保证过滤效果。若冷却液中产生了水垢,可使用化学清洗剂进行净化。根据水垢的成分和严重程度,选择合适的清洗剂,按照说明书的要求将其加入冷却系统中,并让发动机运转一段时间,使清洗剂充分与水垢反应,将水垢溶解或剥离。之后,排放掉含有水垢和清洗剂的冷却液,用清水多次冲洗冷却系统,直至排出的水清澈为止。此外,要定期检测冷却液的酸碱度和添加剂含量。若冷却液呈酸性,说明其已经发生氧化变质,

需要添加中和剂进行调整;若添加剂含量不足,需及时补充,以维持冷却液的防冻、防腐、防垢等性能。通过以上净化措施,确保冷却液始终保持良好的状态,为柴油机提供有效的冷却保护。

3.6 预防性维护策略

为保障柴油机冷却系统稳定运行,预防性维护策略至关重要,可有效减少故障发生,延长设备使用寿命。定期检查是基础。制定详细的检查计划,按周期查看冷却液液位、浓度和品质。利用折射仪检测冷却液冰点与沸点,确保其符合使用要求;观察冷却液颜色和透明度,若出现浑浊、变色或有沉淀物,及时更换。同时,检查冷却系统各部件连接是否紧密,有无泄漏迹象,对散热器、水管等易损部位重点排查。按时更换易损件。依据设备使用手册,定期更换水泵密封圈、节温器、风扇皮带等部件。这些部件在长期使用后易磨损、老化,提前更换可避免因部件失效引发冷却系统故障。做好清洁工作。定期清理散热器表面的灰尘、杂物,可采用压缩空气吹扫或用软毛刷清理,确保散热器通风良好,提高散热效率。此外,规范操作也不容忽视。避免柴油机长时间高负荷运行,防止冷却系统过热;在寒冷季节,使用符合低温标准的冷却液,并做好发动机预热,防止冷却液结冰损坏系统。通过实施这些预防性维护策略,能提前发现并解决潜在问题,保障柴油机冷却系统始终处于良好工作状态^[1]。

结束语

柴油机冷却系统的稳定运行关乎柴油机整体性能与使用寿命。通过前文对常见故障的深入分析,如冷却液泄漏、高温报警、低温运转异常等,我们清晰认识到各类故障产生的原因及潜在危害。而相应的处理策略与预防性维护措施,则为解决实际问题、保障系统可靠运行提供了有效路径。在实际应用中,操作人员需熟练掌握这些知识与技能,定期开展检查与维护,做到早发现、早处理。

参考文献

- [1]孟存梅.柴油机冷却系统常见故障与使用维护[J].山东工业技术,2021(20):198-198
- [2]孙宝红.柴油机冷却系统常见故障与使用维护[J].现代农业科技,2022(17):220-221
- [3]刘伟.柴油发动机冷却系统的正确使用与维护[J].农机使用与维修,2021(5):41-41.