

柴油机排烟颜色异常故障的分析与排除

王德朋

中国山东省青州市范公亭南街12号高新技术研究所, 山东 青州 262500

DOI:10.61369/UAID.2026020018

摘 要 : 柴油机是工程机械、交通运输等行业的重要动力源, 在运行过程中排放的烟色能够直观地体现其工作状态, 正常情况下应为淡灰色, 而如果出现黑色、白色或蓝色等非正常的颜色, 则表明该柴油机出现了某种问题。本文基于柴油机的工作原理对导致黑烟、蓝烟以及白烟的主要原因进行了详细分析, 并根据不同类型的故障特点给出了具体的排查步骤及处理办法, 还介绍了相应的预防措施来帮助维修人员迅速找到并解决这些问题, 从而保证柴油机的良好运转状态以达到高效率、稳定性与安全性要求的目的, 也为实际应用中的维修工作提供了理论依据和技术支持。

关 键 词 : 柴油机; 排烟颜色异常; 故障分析; 故障排除

Analysis and Troubleshooting of Abnormal Exhaust Smoke Color in Diesel Engines

Wang Depeng

High-tech Institute, FanGong-ting South Street on the 12th, Qingzhou, Shandong 262500

Abstract : Diesel engines serve as a crucial power source in industries such as construction machinery and transportation. The color of exhaust smoke emitted during their operation can visually reflect their working condition. Under normal circumstances, the exhaust should be light gray. However, the appearance of abnormal colors such as black, white, or blue indicates some issues with the diesel engine. Based on the working principles of diesel engines, this paper provides a detailed analysis of the primary causes leading to black, blue, and white smoke. It also offers specific troubleshooting steps and solutions according to the characteristics of different types of faults. Additionally, corresponding preventive measures are introduced to assist maintenance personnel in swiftly identifying and resolving these issues, thereby ensuring the diesel engine operates in good condition to meet the requirements of high efficiency, stability, and safety. This paper also provides theoretical basis and technical support for practical maintenance work.

Keywords : diesel engine; abnormal exhaust smoke color; fault analysis; troubleshooting

引言

柴油机由于其高效率、低油耗以及坚固耐用的特点, 在农业生产机械、大型货车、发电设备等方面得到了广泛应用, 而它的工作状况也决定了这些设备的工作性能及寿命长短。一般来说, 柴油机排出的废气为淡灰色且无味, 如果出现黑色、蓝色或者白色等非正常颜色, 则表示燃油燃烧不充分、机油渗入燃烧室或者是冷却液进入气缸等情况发生, 如果不及时检查维修将会造成发动机零件加速损耗, 增加油耗并且有可能导致严重的机械损坏事故的发生, 因此对于柴油机排烟颜色异常的原因进行分析研究并掌握有效的检测排除措施就显得尤为重要了。

一、柴油机排烟颜色异常的核心判断依据

柴油机排烟的产生与燃油燃烧有关, 燃油在气缸内与空气均匀混合, 在高温高压条件下燃烧, 生成二氧化碳、水蒸气等无害物质, 正常排烟为浅灰色, 随着负荷的不同略有深浅的区别, 但是颜色上不会有很大的变化也没有异味。如果排烟的颜色明显偏黑或者蓝色、白色并且持续的时间超过了冷启动后一段时间, 则可以认为是排烟异常。不同的颜色所代表的故障也不同, 主要是

以燃烧是否充分、机油是否有参与以及冷却液是否泄漏作为主要判断标准, 根据发动机运行时的现象可大致确定出问题所在区域, 有利于后期维修检查工作开展。

二、柴油机不同颜色异常排烟的故障分析

(一) 黑烟故障的成因分析

黑烟是柴油机最常见的一种排烟故障现象, 而造成这种现象

的主要原因是燃油燃烧不充分，未燃尽的碳粒随废气排出形成黑色排烟。进一步分析发现，燃油燃烧不充分主要是由于进气量不足、供油量失调以及燃烧条件变坏所引起的，具体如下：

进气系统故障是造成黑烟的主要因素。而空气滤清器堵塞是最普遍的原因，在长时间使用之后，滤芯上积聚大量灰尘，使进气阻力增加，进入气缸内的空气量减少，燃油与空气的比例失调，燃油不能完全燃烧，产生大量的碳颗粒。另外，进气管路泄漏、弯曲或者堵塞也会造成新鲜空气供给不足，特别是对于涡轮增压柴油机来说，如果增压器轴承损坏或者是进气管接口处密封不良都会导致进气压力偏低，加剧燃烧不充分的现象发生的同时还会有“滋滋”的声音出现。气门间隙调节错误以及气门传动机构磨损也会引起气门升程降低、开启时刻提前，从而影响到进气效果进而造成黑烟的发生^[1]。

燃油供给系统的故障是造成黑烟的主要原因。其中喷油器的损坏最常见，比如喷油器雾化不佳、滴油或者开启压力不足等都会使燃油不能很好地雾化成细小颗粒而以大颗油珠的形式进入气缸内与空气混合不均，在局部区域由于缺乏氧气而导致燃料燃烧不充分从而产生碳粒。另外如果喷油泵供油量过大或者是供油提前角调节错误也会引起供油提前角过大或过小的问题从而改变燃料在气缸内的燃烧时刻造成后燃增多，燃料不能完全燃烧而形成黑烟。同时使用低质柴油或是柴油中含有杂质也会降低其燃烧性进而加剧燃烧不良的现象出现黑烟。

燃烧条件变坏也会造成黑烟故障。柴油机负荷过大，控制器为了保持转速会突然增加喷油量，但是进气量不能及时跟上，空燃比失调，出现部分燃油缺氧燃烧，形成碳粒。活塞环、气缸套磨损造成气缸压缩压力不足，在压缩行程末期达不到燃油充分燃烧所必须的温度和压力，燃油燃烧不充分，同时有可能发生机油渗入，加剧黑烟情况^[2]。

（二）蓝烟故障的成因分析

蓝烟的主要原因是机油进入燃烧室，与燃油混合后被点燃，在机油燃烧之后产生含有油分的蒸汽随废气一起排出而形成蓝色烟雾。机油进入燃烧室主要是由于密封件失效或者机油过多造成，可以分为以下几种情况：

活塞组密封失效是蓝烟产生的重要原因。活塞环磨损、弹性减弱或者装错位、对口，都会造成活塞环与气缸套之间密封间隙加大，油底壳中的机油就会从这个缝隙进入燃烧室，在燃烧过程中形成蓝色烟雾。

气门密封系统出现问题也会造成蓝烟。气门油封老化、破损，使气门杆与导管之间失去良好的密封作用，摇臂室中的机油就会从气门杆与导管缝隙进入燃烧室，在冷车状态下由于油封密封效果不佳，所以蓝烟比较严重；而在热车之后油封被加热而膨胀，起到一定的密封作用，蓝烟会有所缓解但是不会彻底消除。如果气门导管与气门杆之间的间隙过大，在活塞下行过程中所产生的吸力也会把机油吸入到燃烧室内从而产生蓝烟^[3]。

其他原因也会造成蓝烟出现。油底壳机油液位过高，在曲轴旋转过程中会把机油甩进气缸，参与燃烧而形成蓝烟；涡轮增压柴油机如果涡轮增压器涡轮轴封损坏，则会有部分机油渗入到涡

轮增压器进气管道中，随着新鲜空气一同进入燃烧室，从而产生蓝烟；另外长时间低速空转也会使气门油封过热老化，失去良好密封作用，导致机油进入燃烧室，引起蓝烟。

（三）白烟故障的成因分析

造成白烟的原因主要有两种，一种是燃油燃烧不充分产生的油蒸气，另一种是冷却液进入气缸受热后蒸发而成的水蒸气，这两种都会使排气呈白色，要根据具体情况来判断是什么原因引起的。以下是具体的原因：

燃油燃烧不充分也是造成白烟的原因之一。柴油机冷启动时，由于气缸内温度较低导致燃油雾化效果不佳而不能被点燃，以液态形式随废气排出，从而产生白烟，在热车过程中会逐渐消散。如果热车之后仍然持续出现白烟，则可能是由燃油供给系统的问题引起的，例如喷油时机延迟，燃油进入气缸时活塞已经下行，此时气缸内的温度及压力降低，不足以使燃油自燃，燃油就会以蒸汽的形式排出；或者喷油器雾化不良、滴油，燃油不能完全燃烧，与高温废气混合后形成白烟并且伴有较浓的柴油味^[4]。

冷却液进入燃烧室是造成白烟的重要原因，主要是由于冷却系统的密封不良所致。气缸垫老化、烧蚀会使冷却液通道与燃烧室连通，冷却液渗入燃烧室被加热汽化成水蒸气随废气排出形成白烟，此白烟无明显柴油味并且伴有冷却液量降低以及机油乳化现象，在机油加注口处可见到一层乳白色泡沫。另外，缸盖破裂或者缸体出现裂纹也会使冷却液漏入燃烧室从而产生白烟，如果不及及时排除会严重影响发动机的工作状态甚至造成报废。

三、柴油机排烟颜色异常故障的排除方法

（一）黑烟故障的排除方法

黑烟故障排除采取“由简及繁、先外后内”的方法，首先检查不需要拆卸的外部零件，然后进行内部机械部分的检修。其过程是：

首先检查进气系统。卸下空气滤清器滤芯，查看是否有积尘严重、堵塞情况，如有堵塞应清理或者更换，同时观察进气管道是否存在泄漏、弯曲变形或者堵塞现象，在进气管接头处涂上肥皂水，如果有气泡产生就表示有泄露，应对密封件进行拧紧处理；如果是涡轮增压柴油机还应该检查增压器是否存在异响以及漏油的现象，如果有的话就要对轴承间隙进行检测，必要时对其进行修理或替换；检查气门间隙是否符合要求，修复或者更换损坏的气门传动机构^[5]。

第二检查燃油供给系统。查看喷油器工作情况，用单缸断油法，暂时切断某一缸供油，如果黑烟减少或者消除说明此缸喷油器有问题，对喷油器进行清洗、检测，如有雾化不良、滴油现象就更换喷油器偶件。检查喷油泵供油量及供油提前角，如供油量过大应调节油量调节螺钉，必要时拆下喷油泵到试验台上调试；调整供油提前角到规定数值，保证燃油喷射时间合适。使用优质柴油，加入合格纯净柴油防止燃油中含有杂质。

最后检查燃烧条件有关零件。防止柴油机过载运转，尽可能缓慢加载负荷，避免突然加载负荷。查看活塞环、气缸套的磨损

状况，如有严重磨损应成对更换活塞环及气缸套以恢复气缸压缩压力。观察冷却液温度是否正常，保证散热循环系统的良好工作状态，不要让发动机长时间运行在较低温度下。

（二）蓝烟故障的排除方法

蓝烟故障排除的关键在于找出机油进入燃烧室的途径，修复密封件，其操作方法为：首先查看机油油量，拔出机油尺，如果机油油面过高，则需要排放多余机油至标准位置。观察机油消耗情况，如果机油消耗量异常增加，则说明有机油渗入，继续查找密封件。然后检查气门密封系统，拆下排气管，观察排气门是否有潮湿感，如果有潮湿感，则表明该缸的气门油封损坏，更换气门油封即可，在更换过程中不需要拆卸摇臂组，只需把对应气缸的气门压下，拨动摇臂，取出气门弹簧就可以进行更换了。检查气门导管与气门杆之间的间隙，如果间隙过大，则要更换气门导管及气门杆以达到良好的密封效果。最后检查活塞组以及涡轮增压器，检查活塞环安装状况，如果装反或者对口就重新安装；如果活塞环磨损严重或者失去弹性就需要更换新的活塞环；检查气缸套磨损程度，如果超过允许范围就需要更换气缸套。如果是涡轮增压柴油机，还要检查涡轮增压器涡轮轴处的密封状况，如有破损就要及时修理或替换以防机油外泄。尽量减少空载低速运转的时间以免造成气门油封过热老化。

（三）白烟故障的排除方法

白烟故障的排除应先辨别是燃油未充分燃烧还是冷却液进入气缸，根据伴随现象进行诊断，以下为具体步骤：首先确定白烟种类，在冷启动时出现，在热机后消失，则为正常情况，不需要维修；如果在热机状态下依然有大量白烟冒出并且伴有柴油味，则说明是燃油未充分燃烧；如果没有柴油味并且冷却液减少、机油乳化，则说明是冷却液进入了气缸。如果是由于燃油未充分燃烧而产生白烟，则检查燃油系统。查看喷油正时是否正确，调整到规定范围内；检查喷油器，对雾化效果差或者滴油严重的喷油器进行清洁、检测或替换；更换含水量过高的柴油，加入合格柴油；检查进气道，清除堵塞处，保证进气畅通。若是因冷却液渗入气缸造成白烟，则立即停车，防止发动机受损严重。检查气缸

垫，如老化、烧蚀就更换新的气缸垫；检查缸盖以及缸体，如有裂缝就需要修理或者更换新件。更换被污染了的润滑油及机油滤清器，清洗油路，以免冷却液腐蚀发动机内部零件。

四、柴油机排烟颜色异常故障的预防措施

为了降低柴油机排烟颜色异常故障发生率，提高发动机使用寿命，在日常使用过程中要进行必要的保养与防护措施。第一点是选用合格燃油及润滑油，禁止采用低质燃油及润滑油，按时更换燃油滤芯以及机油滤芯，防止杂质混入燃油供应系统和润滑系统；第二点是对空气滤清器进行定期清理并更换，根据实际工况来确定其清洁周期，保证进气顺畅，避免因为空气不足造成燃烧不良；第三点是对喷油器、喷油泵等燃油供给装置进行定期检查维修，及时对其进行调试检修，使燃油雾化良好并且供油时间准确；第四点是对活塞环、气门油封、气缸垫等密封件进行定期检查，一旦发现老化或损坏就立即更换，以免出现机油渗漏或者冷却液外泄现象；第五点是正确操作柴油机，杜绝超负荷运转、频繁冷启动以及长时间低速运转，让柴油机始终处于良好的工作状态下运行；第六点是定期对柴油机进行全面检查维护，尽早发现问题隐患并加以解决，以防小问题变成大麻烦。

五、结论

柴油机排气颜色异常是发动机内部出现故障的表现形式，黑色、蓝色、白色三种不同颜色分别代表不同类型的问题，黑色主要是由于燃油燃烧不充分造成，蓝色是因为润滑油进入燃烧室导致，白色则是由于燃油未完全燃烧或者冷却液渗入气缸引起的。维修时要按照“从易到难、由外至内”的顺序进行排查，在了解了故障现象之后准确找出问题所在位置并采用相应的解决措施，做好日常保养以及预防工作可以大大降低这类问题的发生率从而保证柴油机的良好工作状态。

参考文献

[1]陈开元, 孟成, 鞠剑峰, 朱曙光. 船用柴油机低转速工况排烟预报及优化 [J]. 舰船科学技术, 2025, 47 (07): 125-129.
[2]孙建平. 船舶柴油机排烟温度基线模型与趋势预测模型的研究 [D]. 大连海事大学, 2024.
[3]张云兴, 张瑞轩. 柴油机各缸排烟温差高的分析与处理 [J]. 石化技术, 2024, 31 (02): 28-30.
[4]于清竹, 聂永涛. 柴油机排烟颜色异常故障的分析与排除 [J]. 现代农机, 2023, (01): 119-120.
[5]吴寒冰. 柴油机排烟异常故障分析与排除 [J]. 河北农机, 2015, (11): 19-20.