

矿用重负荷柴油机非正常损坏原因分析与对策

宋 立

(鞍钢集团矿业公司辅助材料厂, 辽宁 鞍山 114011)

摘 要: 对矿用重负荷柴油机非正常损坏的主要故障模式和现象进行了分析, 剖析了日常使用方面导致柴油机非正常损坏的内在因素和外部因素, 指出: 预防柴油机非正常损坏的关键是提高认识, 强化管理。

关键词: 矿用柴油机; 损坏; 分析; 管理

中图分类号: TK428 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2013)04-0057-03

1 非正常损坏的现象及故障模式

统计表明, 在矿山实际使用中, 柴油机故障时间约占整车故障时间的 65%。因气缸与活塞环磨损严重, 导致密封不良, 气缸压力下降, 进而窜油串烟; 机油压力明显下降, 曲轴与轴瓦、连杆轴与轴瓦磨损严重, 甚至出现研轴化瓦故障, 柴油机完全丧失工作能力, 不得不提前进行修理。我们把柴油机这种提前丧失工作能力的故障模式称之为非正常损坏或早期损坏。这种故障模式下, 新柴油机不到其设计使用寿命(1.5 ~ 2.0 万 h)的三分之二, 经过大修的柴油机运行到接近大修间隔里程的三分之一, 其动力性、可靠性和经济性下降, 故障率显著上升。影响柴油机耐久性的主要因素是发动机的磨损, 其中活塞缸套组是最关键的磨损摩擦副。矿用重负荷柴油机各组成机构和系统非正常损坏故障率见表 1。由表 1 可知, 故障率位列前三的是进、排气系统、曲柄连杆机构和冷却系统。矿用重负荷柴油机主要部件及系统非正常损坏故障模式(现象)见表 2。

表 1 柴油机各组成机构和系统非正常损坏故障率		
序号	机构和系统	故障率
1	曲柄连杆机构(含缸体、缸套)	18%
2	配气机构(含气缸盖)	7%
3	进、排气系统(含增压器)	27%
4	燃油系统	8%
5	润滑系统	14%
6	冷却系统	20%
7	起动系(含电气仪表设备)	6%

表 2 柴油机主要部件及系统非正常损坏故障式			
序号	部件或系统	故障模式	主要后果
1	活塞	碎裂、积炭、异响、熔着磨损、磨料磨损、咬合	寿命降低
2	活塞环	断裂、粘结	失去功能
3	缸套	拉缸、穴蚀、水垢、油垢、裂纹、熔着磨损、磨料磨损咬合	寿命降低
4	燃油系统	滴油、渗油、堵塞、气阻、积炭、化学腐蚀	燃烧不好
5	润滑系统	变质、拉缸、焦质、磨料磨损、腐蚀磨损	磨损加剧
6	冷却系统	穴蚀、水垢、油垢、沉积物、高温、化学腐蚀、电池腐蚀	腐蚀破坏
7	进气系统	磨料磨损	寿命降低
8	排气系统	腐蚀、公害、异响、气蚀	部件热疲劳

柴油机的设计和制造质量直接关系到设备的可靠性, 也影响着非正常损坏概率。但长期以来, 人们往往忽视了设备的日常使用保养这一重要因素。大量的事实证明, 有的故障是有先期征兆的, 比如: 冷却系统中进入了机油、液压油, 其征兆已经反映在水箱散热器加水口处有大量的油沫子, 这一故障如果不及时排除, 冷却系统中的油会产生大量的泡沫, 一是破坏了冷却液的化学保护功能的正常发挥; 二是泡沫直接导致缸体、缸套、水泵壳体、水泵叶轮的穴蚀; 三是冷却系统中的油以高温状态氧化橡胶管、橡胶连接件、橡胶密封垫等, 造成上述部件老化、变质, 进而出现系统泄漏。这种后果的严重性是可想而知的。图 1 所示为冷却系统油垢

诱发高温、泡沫，进而导致的穴蚀现象，该柴油机运行到 2 900 h 因高温拉缸事故解体，使用寿命只达到大修期的 1/3。换上经过大修柴油机后仍然高温，原因是冷却系统，特别是水箱散热器存在严重的油垢、沉积物，已经将通水管堵住了 1/4。图 2 所示为新柴油机运行 10 739 h，水泵叶轮端面、正面、背面有较严重穴蚀现象，分析认为该故障是使用了非重负荷发动机冷却液，泡沫性能不达标所致。

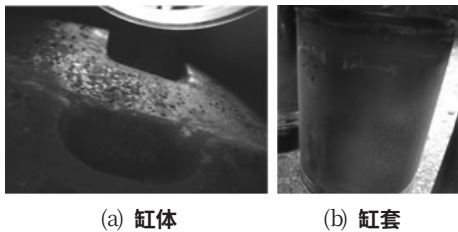


图 1 油垢诱发高温和泡沫最终导致的穴蚀现象

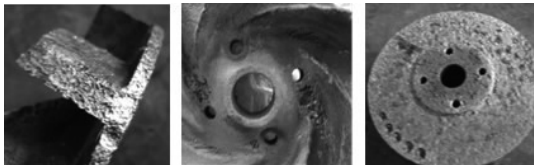


图 2 新柴油机运行 10 739 h 后水泵、叶轮穴蚀情况

2 柴油机非正常损坏机理探讨

正常的柴油机性能变坏是由于构成它的零部件损坏所致，其损坏原因可分为四类：机械磨损、塑性变形、疲劳损坏和腐蚀磨损等。实践证明，柴油机早期损坏主要是由于各种非正常原因造成的，诸如熔着磨损、腐蚀磨损、磨料磨损、缸套缸盖裂纹和穴蚀损坏等，大部分故障情况是多种因素共同作用所致。限于篇幅本文只对日常使用方面简述一下问题的机理，并找出影响柴油机早期损坏的因在因素和外部因素及其预防措施。

2.1 柴油机在过热和低温状态下工作

柴油机燃料燃烧过程中，燃气温度在非增压和增压柴油机中分别高达 1 800 ~ 2 000 ℃ 和 2 000 ~ 2 300 ℃；柴油机平均温度在 100℃ 左右，而且各机件受热不均。在这样的高温下，如不加以冷却，是不能保证柴油机可靠地工作及良好的经济性能。因此，在柴油机和车辆的设计方面采用了强制冷却系统。

柴油机正常工作温度 T_b 为 85 ~ 95 ℃。受环境和地区因素影响，北方冬季冷起动时燃烧室温度可达 -30 ℃ 以下；而夏季高温（热带地区或我国南方）可使柴油机过热。研究表明，环境温度每升高 1 ℃，

引起柴油机水套中的水温平均变化 0.9 ~ 2.5 ℃。“过冷”和“过热”都会引起柴油机不正常燃烧，使柴油机动力性、经济性、可靠性和耐久性严重恶化。大量的研究证明柴油机零部件磨损与柴油机热状态有关，如图 3 所示柴油机冷却液温度在 85 ℃ 左右时，缸套、活塞、活塞环的磨损最小。

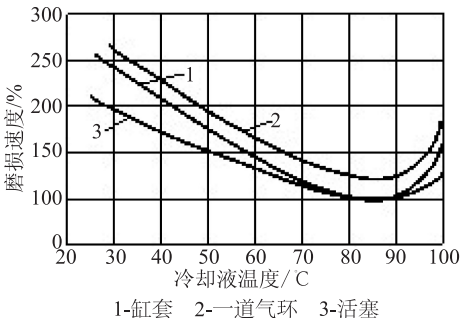


图 3 缸套、活塞、活塞环磨损速率与冷却液温度的关系

2.1.1 柴油机在过热状态下工作

车辆水箱散热器护风罩、节温器、百叶窗失灵或残缺；缸体水套内和散热器中水垢、油垢、锈垢及沉积物过多；散热器外表面油泥及泥沙等污垢过多；风扇皮带松弛；水泵效率下降等都会引起柴油机过热。柴油机过热的危害很多，单从柴油机早期损坏角度讲有以下危害。

(1) 柴油机零部件在热膨胀中产生变形，当变形达到一定程度时，正常的配合间隙被破坏，加剧了零部件的磨损，甚至发生熔着磨损，出现“研轴拉缸”，缸盖变形导致缸垫烧损。又因零部件受热不均，膨胀也不同，在金属材料内部产生热应力，当热应力达到一定限度，零部件就产生变形或裂纹，如缸盖排气门处、喷油嘴处及鼻梁区的裂纹，多数是由于热应力引起的。

(2) 金属零部件的强度是随着温度的升高而降低，高温使零部件的可靠性变坏。

(3) 柴油机过热使机油黏度降低，即机油压力下降，油性变差。缸壁上的油膜在冲击载荷的作用下强度减弱；同时机油在高温下还会与进入气缸的灰尘、零部件表面摩擦的产物及不完全燃烧产物接触，发生物理和化学变化，破坏了正常的润滑条件，加剧了磨料磨损和腐蚀磨损。

2.1.2 柴油机在低温条件下工作

在低温条件下不预热起动，或起动后不等柴油机温度上升到正常区域便起步行驶，或节温器和百叶窗失效等，均会导致柴油机在低温条件下较长时间工作，直接后果是：一，经济性明显变坏；二，磨损加剧，严重的话引起熔着磨损。柴油机冷起动

一次,其零部件的磨损值相当于正常使用条件下汽车运行 0.2 ~ 1.2 h 的磨损值。统计表明,柴油机缸套的起动磨损占缸套总磨损量的 2.4% ~ 13.4%。柴油机的磨损不仅在低温冷起动时严重,而且在起动后尚未达到正常温度之前,磨损强度一直很大。柴油机低温工作造成磨损严重的主要原因是:

(1) 在起动过程中,气缸壁润滑条件较差;同时,冷起动时大部分燃料以液态形式进入气缸,冲刷气缸壁的油膜并稀释了机油。

(2) 柴油的含硫量对气缸壁磨损的影响也很大,在燃烧过程中产生的氧化硫与凝结在气缸壁上的水滴化合成酸,引起腐蚀磨损。因此矿用汽车使用的柴油含硫量必须小于 0.035%。

(3) 低温条件下机油黏度大、流动性差,起动时不能及时将机油送到曲轴轴颈和连杆轴颈工作表面,导致轴颈磨损增加,也会造成熔着磨损。

2.2 驾驶操作技术及作业习惯的影响

汽车使用方面影响柴油机早期损坏的因素比较多,现对常见且影响较大的几个因素加以分析。

2.2.1 低温起动后立即转入高速运转

柴油机在低温下起动后,立即转入高速运转。因机油泵从曲轴箱内吸入并将机油送到各润滑点需要经过一定的时间,在尚未形成充足的油膜之前,势必产生摩擦副之间的直接接触,直至摩擦过热使轴瓦内衬合金熔化——“化瓦”。

2.2.2 反复高速大轰油门

起动柴油机后,或者低温起动后反复大脚轰油门。此时的润滑和冷却条件较差,大负荷下发生干摩擦产生局部高温在所难免。这种操作方法会造成摩擦副表面瞬间缺油,产生摩擦副直接接触,形成擦伤破坏。

2.2.3 汽车不稳定行驶

汽车不稳定行驶对机件磨损影响很大。汽车不稳定行驶包括两方面:一是矿山道路条件较差,柴油机经常在非稳定工况下运转,这是客观因素;二是汽车的使用者不正确的操作驾驶。不稳定行驶还表现在经常使用紧急制动,特别在下长坡不使用坡道缓行器,对整车会产生强烈的冲击载荷。

2.3 汽车维护技术状况的影响

磨料磨损是矿用汽车柴油机失去工作能力的主要原因之一。矿用汽车是在多尘环境下工作的,因此,对空气的过滤质量问题应高度重视。在日常使用中发

现,有清扫不及时的现象。如果进气处于“直流”或“短路”状态,采场粉尘将同空气一起进入气缸。有的矿山现场存放的机油桶,个别无桶盖,机油表面覆盖一层灰尘,桶中有较大的砂石等颗粒物;加注机油的油泵胶管粘有许多砂土,颗粒物会随加机油而进入柴油机润滑系统中。当粉尘粒度在 1 μm 以下时,不会导致非正常磨损;当粉尘粒度在 30 μm 左右时磨损最为剧烈。磨料磨损随着摩擦速度、磨料硬度和粒度的增大而加大。

3 预防柴油机非正常损坏的措施

通过对柴油机早期损坏原因分析认为,上述问题虽然是矿用汽车运输管理中的突出薄弱环节,但并没有引起普遍的重视。因此,预防柴油机早期损坏的关键是:提高认识,强化管理。具体措施有:

(1) 结合使用中的具体问题,建立必要的制度,认真组织贯彻落实。对出现的柴油机早期损坏事故案例,认真分析查明原因并采取相应的预防措施,建立严格的事故分析制度和责任考评体系。

(2) 对设备定期检查、调整、保养、维护,使设备处于正常技术状态。定期清除冷却系统、缸体内的水垢、油垢、锈垢及沉积物,保持系统良好的散热性能;对三滤要定期清洗和更换。配齐护风圈、百叶窗、节温器、低温起动装置等;经常对水箱散热器外表面实施清洗。

(3) 按照矿用汽车润滑管理有关规定加强油品管理,各种油品要实行室内存放,保证库房的清洁;汽车上的各种油箱要定期排放沉积物;按照保养规程要求检查油箱呼吸孔及滤网状况,保持畅通,过滤有效;利用好油品化验基地的作用,做到设备的状态监测,及时预报设备存在的和潜在的隐患,防患于未然。

(4) 像重视汽车设备那样管好、修好矿山道路。矿山道路的好坏不仅关系到运输效率、运输成本和安全行车,也直接影响着车辆状况。

参考文献

- [1] 蒋向佩. 汽车柴油机构造与使用[M]. 北京:机械工业出版社,1992.
- [2] 王秉刚. 汽车可靠性工程方法[M]. 北京:机械工业出版社,1991.
- [3] 宋立. 矿用汽车使用技术[M]. 沈阳:辽宁科技出版社,1992.
- [4] 宋立. 发动机的磨损与可靠性[J]. 矿用汽车,2003(4).