

汽车排放超标的原因分析与修复 (下)

文/广东 王圉



王圉

(本刊专家委员会委员)

副教授,高级企业培训师,西安公路交通大学汽车运用工程专业硕士,1963年生。广州市汽车摩托车维修行业协会副会长兼技术质量专委会主任;广州市交通技师学院高级培训导师;广州市职业技能教学研究会机动车专委会副主任;广东省职业教育与培训协会专家委员会委员。

(接上期)

二、压燃式发动机类

压燃式发动机一般使用柴油作为燃料,其主要成分为HC化合物。当柴油燃料以雾状喷入燃烧室后,一边蒸发,一边与空气混合,同时由于受压缩高温的作用,被裂解为C离子和H离子。当温度进一步升高并超过其自燃温度后,开始点火燃烧,但燃烧开始后,喷油仍会持续一段时间。因此,燃烧区域会很快集中到喷雾与空气的交界处,喷油器喷出的油雾看起来就变成了“火苗”。在“火苗”区域,中心部分为燃料,一边蒸发,一边向外部扩散;外部区域为空气及废气,也向中心部分扩散。两种“扩散”运动的交界区域就是发生剧烈化学反应的区域,即发生燃烧的区域。燃烧过程中,C离子与O₂发生反应,生成CO₂,H离子与O₂发生反应,生成H₂O。

随着燃烧的进行,废气越来越多,C离子与O₂的接触越来越困难,越来越多的C离子不能与O₂发生反应,于是便以游离C的形式随废气排放出来,从而形成碳烟排放。虽然部分C离子与O₂反应不彻底,还会生成CO,但由于压燃式发动机中混合汽的总体浓度较稀,O₂比较充足,生成的CO随后会与O₂进行进一步反应,从而转变为CO₂。因此,压燃式发动机CO的排放量微乎其微。

由于H离子的活性比C离子大得多,因此与O₂的反应也比较彻底。所以,废气中不会存在游离H离子。

由于燃烧高温的作用,空气中的N₂还会与O₂发生反应,生成NO_x。因此,压燃式发动机排放的污染物中还会存在部分NO_x。

综上所述,压燃式发动机排放污染物的主要成分为碳烟和NO_x。

(一)压燃式发动机排放的污染物及其形成机理

1.碳烟

压燃式发动机排放的污染物主要是碳烟,其产生的根源是燃料燃烧不完全或窜机油(机油的不完全燃烧产生碳烟)等。燃料或机油在高温条件下裂解为C离子和H离子,其中C离子与O₂不能接触,或接触时温度不够,C离子便以游离C的形式排出发动机,从而形成碳烟。

虽然压燃式发动机中混合汽的总体浓度较稀,但由于其燃烧过程为“扩散式”,燃料与空气的接触面积

较小,加上已燃废气的影响,C离子与O₂的接触范围也较小,碳烟的产生也就在所难免。

研究表明,燃烧初期,产生的碳烟较少,到了燃烧后期,碳烟的产生量会增多,这是由于越到燃烧后期,废气含量越多,C离子与O₂的接触越困难所导致的。

由此可见,喷油雾化情况越好、燃烧室内气流运动越强烈、汽缸压力越高(C离子与O₂的距离越近)、燃烧室内残余废气越少、喷油量越少(混合汽越稀),C离子与O₂的接触就越容易,碳烟的产生量也就越少。除此之外,燃烧温度越高,碳烟的产生量也会越少。

目前,部分电控共轨式发动机采用多次喷射技术,即将一个工作循环的喷油量分几次喷入燃烧室,其目的也是为了增大C离子与O₂的接触机会,从而大幅降低碳烟的排放。部分共轨式发动机所采用的高压喷射技术,是利用较高的喷射压力来改善喷油的雾化情况,从而增大C离子与O₂的接触机会,同样也可以大幅降低碳烟的排放。不过,这种高压喷射技术对喷油器的要求很高,所谓的“压电式喷油器”就是基于这种高要求而设计的。

一般情况下,喷油压力越高,一个工作循环中喷油的次数越多,碳烟排放就越少,这是现代压燃式发动机喷油压力越来越高、一个工作循环中喷油次数越来越多的根本原因。

2.CO和HC

由于压燃式发动机中混合汽的总体浓度较稀,即使在燃烧过程中产生了部分CO和HC,它们也会在膨胀与排气过程中与残余的O₂进一步反应,变成无害的CO₂和H₂O。因此,压燃式发动机的CO、HC排放要比点燃式发动机小得多。也正因如此,目前各种排放法规对压燃式发动机CO、HC的排放还没有作出严格的限制。

3.NO_x

NO_x的形成机理与点燃式发动机的形成机理相同,即由于燃烧高温的作用,空气中的N₂与O₂发生反应,生成了NO_x。但压燃式发动机对NO_x排放进行控制的技术要比点燃式发动机复杂得多,这是因为NO_x排放控制的要求与碳烟控制的要求及其功率、油耗等性能的改善要求是相互矛盾的。比如,凡是能够降低燃烧温度的措施(如EGR、可变配气技术等)都可以降低NO_x排放,但降低燃烧温度必然会带来碳烟排放的增多和功率、油耗等性能的恶化;反之,凡是能提高燃烧温度

的措施(如废气涡轮增压技术、喷油雾化状况的改善、喷油速率控制、压缩比的提高等)都可以提高功率、降低油耗及碳烟排放,但提高燃烧温度又必然带来NO_x排放的增多。因此,为了平衡各方面的要求,压燃式发动机的控制技术变得复杂起来。排放标准越高的压燃式发动机,其控制技术就越复杂。

(二)压燃式发动机排放控制标准、相关技术措施及检测方法

1.压燃式发动机排放控制标准

欧洲、美国、日本世界三大汽车排放控制标准中,对于压燃式发动机排放的控制主要是针对碳烟和NO_x。我国排放法规主要参照欧洲标准,国I~国V标准基本对应欧I~欧V标准。国III标准与欧III标准的唯一区别是国III标准发动机要求加装OBD系统,而欧III标准却没有这一要求。

虽然欧I~欧V标准对NO_x排放的限制越来越严格,但考虑到各个地方的实际情况,比如,广州市目前参照实施的DB44/539-2009标准中,只是对压燃式发动机的碳烟排放作了相应的限制,暂时还 unlimited NO_x的排放。因此,距离相应的国III标准还有相当的距离。以下仅对碳烟排放控制问题进行探讨。

2.压燃式发动机排放控制的技术措施

传统机械高压油泵式发动机只能满足国I、国II标准的要求,国III标准及国III标准以上的发动机则必须采用电控式。目前比较常见的普通电控共轨式发动机、电控EGR式发动机也只能满足国III标准的要求。要满足国IV、国V标准的要求,还需要采取更加特殊的技术措施,如添蓝技术(简称SCR,即向排气管中喷射尿素)、颗粒捕捉技术(即在排气管中收集与处理碳黑)、可变涡轮增压技术、喷油速率控制技术等,其电子控制系统会更加复杂。

3.压燃式发动机排放检测方法

2011年6月1日起,广州市对压燃式发动机车辆的排放采用“加载减速法”进行检测,此检测法与以前采用的“自由加速法”的最大区别是“加载减速法”是在有负载(100%、90%、80%三种负载)的情况下进行检测,而“自由加速法”是在空载的情况

下进行检测。显然,“加载减速法”更加接近汽车的真实运行工况,但检测过程需要底盘测功机等昂贵的设备,一般的汽车修理厂不具备这样的条件,只能将车辆送往专业检测线进行检测。

两种检测结果虽然可比性不大,但还是有一定的规律,例如用“自由加速法”检测合格的车辆,再用“加载减速法”进行检测,其结果未必合格。但用“自由加速法”检测不合格的车辆,再用“加载减速法”进行检测,其结果一般也不会合格。因此,在车辆送检之前,可以先在维修厂用“自由加速法”进行初检与维护,这在一定程度上可以提高车辆送检的合格率。

(三)压燃式发动机排放污染物生成的影响因素

凡是造成燃烧室内C离子与O₂不能充分接触、燃烧温度降低以及混合汽过浓的因素都会引起碳烟排放的增多。这些因素包括:燃料雾化不良、喷油量过大、喷油正时不良、燃烧室内气流运动不良、汽缸压缩压力不足、进排气不畅、发动机温度过低、窜机油、燃料品质差或牌号不当、冷却系统向燃烧室漏水(会降低燃烧温度)、EGR阀开度过大等。

1.燃料雾化不良

燃料的雾化情况直接决定燃料与空气的混合情况,即C离子与O₂的接触情况。混合不良的直接后果就是碳烟排放增多。造成柴油雾化不良的原因有喷油压力不足、喷油器故障等。

(1)喷油压力不足的原因可能是:①喷油器压力调整不当或喷油器滤芯阻塞(普通机械式柴油机);②供油系统阻塞(包括高低压油路、滤清器);③输油泵或高压油泵磨损或漏油(普通机械式柴油机);④共轨压力过低(共轨式柴油机),主要是因为供油系统阻塞(包括油路、滤清器、滤网)、高低压油泵磨损或其他故障、共轨压力传感器故障、流量控制阀及其控制电路故障、限压阀故障(泄漏)、限流阀故障(犯卡或阻塞)、ECU故障等引起的。

(2)喷油器故障是由喷孔部分堵塞或滴漏,使喷出的燃油不能很好地雾化而引起的;型号不当则可能造成喷油过量。

2.喷油量过大

喷油量过大引起混合汽过浓而造成碳烟排放增多,其原因包括:

(1)喷油器压力调整过低或滴漏(普通机械式柴油机)。

(2)高压油泵调速器故障或油量调整螺钉调整不当(普通机械式柴油机)。

(3)共轨压力过高(共轨式柴油机),主要是由共轨压力传感器故障、流量控制阀故障、流量控制阀电路故障、ECU故障等引起的。

(4)水温、气温、空气流量、油门踏板等传感器信号漂移(共轨式柴油机)。

(5)ECU故障(共轨式柴油机)。

3.喷油正时不良

喷油过迟,燃烧时汽缸压力已经开始下降,造成燃烧温度过低。

4.燃烧室内气流运动不良

这由发动机的设计因素决定的,这里不作讨论。但进排气不畅会导致燃烧室内气流运动减弱(对直喷式燃烧室而言),从而影响燃料与空气的混合。

5.汽缸压缩压力不足

导致燃烧温度过低而造成碳烟排放增大。其原因有汽缸及活塞过分磨损、气门密封不严、汽缸垫漏气等。

6.进排气不畅

引起混合汽过浓、残余废气过多、燃烧室内气流运动减弱等,综合影响之下造成碳烟排放增大。其原因有进气滤清器阻塞、涡轮增压器不良、中冷器阻塞、排气系统阻塞等。特别注意的是排气系统阻塞一般会出现发动机动力不足、“喘气”及过热等现象。

7.发动机温度过低

引起燃烧温度过低而造成碳烟排放增多。其原因有节温器故障、风扇离合器故障、风扇控制电路故障、小循环水路阻塞等。

8.窜机油

窜入的机油非常难以燃烧而形成碳烟排出汽缸(冒蓝烟)。其原因有机油加注过量、机油过稀、汽缸及活塞过分磨损;活塞环选择不当或装反、气门及导管间隙过大;曲轴箱通风不良(造成曲轴箱压力过高等)。

9.燃料品质差或牌号不当

燃料品质差既影响雾化,又影响燃烧;

牌号不当则对雾化性能影响较大。

10.冷却系统向燃烧室漏水

水蒸气吸收热量,降低了燃烧温度,造成碳烟排放增多(冒白烟)。

11.EGR阀开度过大

造成燃烧室内残余废气过多。其原因包括EGR阀犯卡、EGR阀控制管路及杆件故障、EGR阀控制电路故障等。

(四)压燃式发动机排放超标的检修程序

1.用故障诊断仪读取故障码,根据故障码,进行针对性维修(电控柴油机)。

2.用故障诊断仪读取数据流,判断相关数据是否正常,不正常则进行有针对性维修(电控柴油机)。这些数据包括:油门踏板位置、空气流量或进气压力、水温、气温、喷油脉宽、共轨压力、流量控制阀开度、供油提前角等。

3.用故障诊断仪进行执行元件测试,根据测试结果进行针对性维修(电控柴油机)。最主要的执行元件为喷油器和流量控制阀。

对于共轨式柴油机,各缸喷油器的工作情况可以通过拆下喷油器的回油管,观察其回油情况来判断(有回油,则说明喷油器能够工作)。当所用的故障诊断仪没有执行元件测试功能时,可以考虑用此方法。

4.检查ECU插件是否存在锈蚀、接触不良、松动等现象(电控柴油机)。

5.检查机油加注是否过量,机油是否过稀(伴随冒蓝烟时要重点检查)。

6.检查EGR阀开度是否过大。

7.检查喷油器的型号是否正确。

8.检查供油提前角是否正确。

9.检查发动机的冷却系统,看是否存在发动机过冷现象,并进行有针对性维修(伴随冒白烟时,重点检查冷却系统是否有泄漏)。

10.检查曲轴箱通风(PCV)系统(伴随冒蓝烟时要重点检查),进行针对性维修。

11.检查废气涡轮增压系统工作情况,检查中冷器犯卡、堵塞、脏污、真空管漏气、膜片破损、拉杆活动不良等情况,进行有针对性维修。

12.清洁进排气系统,并检查是否有漏气现象。

13.检查燃油品质是否太差、牌号是否

不当(选用柴油牌号时,建议夏季用0号或+10号,冬季选用-10号或-20号,严寒地区则选用-35号)。

14.清洁燃油供给系统,包括粗/细滤清器、滤网、油管、高低压油泵、喷油器等。

15.测量缸压(伴随冒蓝烟时要重点检查),进行有针对性维修。如汽缸活塞的磨损情况、气门密封情况、气门间隙的调整等。

16.检查气门及导管是否间隙过大(伴随冒蓝烟时要重点检查)。

17.校油泵、喷油器,包括各缸供油的均匀性及密封情况(以上检查与维修后排放仍然超标时选作)。

18.更换ECU(电控柴油机,以上检查与维修后排放仍然超标时选作)。

19.用故障诊断仪进行基本调整、自适应匹配等操作(电控柴油机)。

(五)排放超标检修方案的制定与案例分析

1.检修方案的制定

检修之前,查阅车辆排放检测报告,仔细对有关检测数据进行分析,重点对照合格项、不合格项与标准值的差距,并横向分析各项数据之间的关系,从而初步判断问题的性质(如混合汽过浓或过稀、雾化不良等)。再由问题的性质确定检修的路线,这样可以提高检修的针对性,避免走弯路,同时还可以提高复检的通过率。

例如三项排放指标都合格,而且数据远低于标准值,而轮边功率不足、对应的发动机转速过高(即后两项不合格),其分析如下。

(1)“三项排放指标都“远低于标准值”,说明燃烧状况非常好,燃料雾化应该没有问题,混合汽也只能是偏稀状态。

(2)“轮边功率不足、对应的发动机转速过高”,说明发动机每个工作循环的做功量较少,只能靠较高的转速来得到功率,导致轮边功率仍然不足。而这种轮边功率不足不是由车辆底盘损耗引起的,因为这种损耗会拖慢发动机的转速,同时还会造成底盘某个部位(如制动器)温度过高。

(3)“发动机每个工作循环的做功量较少”,可能是由喷油量不足、进气量不足或者汽缸压力不足引起的。但如果是“进气量不足”,混合汽应该偏浓,这与“混合汽偏稀”

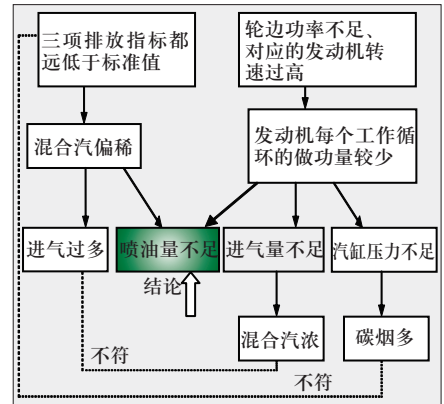


图9 举例逻辑分析图

表2 五十铃排放检测数据表

		最大功率点K值			最大轮边功率	对应发动机转速
		100%点	90%点	80%点		
检测结果	修前	0.04	0.13	0.32	112.9	3512
	修后	0.11	0.10	0.10	191	2391
限制		1.86	1.86	1.86	132	1500~2500
判断结果	修前	合格	合格	合格	不合格	不合格
	修后	合格	合格	合格	合格	合格
结论	修前	不通过				
	修后	通过				
检修内容		更换发动机ECU				
检修星级		★★★★★				

的判断不符;如果是“汽缸压力不足”,碳烟排放应该增多,这与“三项排放指标都远低于标准值”的结果不符。因此,综合分析只能判断为“喷油量不足”。

(4)“混合汽偏稀”与“每个工作循环的做功量较少”也是一致的,加上“燃料雾化没有问题”,说明问题的症结在于喷油量过少。以上分析过程如图9所示。

举例时,应按照增大喷油量的思路进行检修作业,如喷油泵是否磨损、喷油器调校是否不当(喷油压力调整过高)、共轨压力是否过低、油路及滤清器是否阻塞、ECU是否故障等。

2.实际检测与检修案例(原始案例)

车型:五十铃,油泵:机械式,进气方式:涡轮增压,车辆登记时间:2000年10月,具体数据见表2。

数据分析:碳烟明显低于标准,说明燃烧状况非常好。最大轮边功率过低,对应发动机转速过高,说明喷油量明显不足。

检修:由于发动机ECU存在故障,造成喷油量明显不足。更换发动机ECU,故障排除。(全文完)