

# 在用机动车尾气排放检测简易瞬态工况法监管策略

胡丹

(青神县节能监察中心,四川 眉山 620460)

**摘要:**针对简易瞬态工况法机动车尾气排放检测过程中层出不穷的违规检测现象,为对其检测过程实施有效监管,通过分析简易瞬态工况法的检测原理,筛选出可用于监管的车辆基准质量、(CO + CO<sub>2</sub>)浓度、O<sub>2</sub>浓度、实时检测尾气流量4个参数,分析其用于监管的原理和理由,并通过五气分析仪漏气实验和实测尾气流量异常案例验证其监管可行性,以期监管部门提供可运用于实际监管工作的有效策略。

**关键词:**简易瞬态工况法;机动车尾气;排放检测;监管策略

中图分类号:X734.2

文献标志码:C

文章编号:1674-6732(2022)02-0091-04

## Study on the Monitoring Strategy of Vehicle Exhaust Emission Detection under Short Driving Mode Conditions

HU Dan

(Qingshen County Energy Conservation Supervision Center, Meishan, Sichuan 620460, China)

**Abstract:** In order to supervise effectively to avoid violation phenomenon during the testing process of emissions from vehicles under short driving mode conditions, 4 parameters has been sieved out for supervision based on the testing principle of short driving mode conditions, which includes the reference mass of vehicle, the concentration summation of CO and CO<sub>2</sub>, the concentration of O<sub>2</sub> and the flow rate of the vehicle exhaust fumes. The principles and reasons of its application in supervision has been expounded, and the feasibility of its supervision has been verified by the leakage experiment of five-gas analyzer and the real case on abnormal flow rate of exhaust fumes, which is expected to put forward effective supervision strategies that can be applied to the actual supervision work for the supervision department.

**Key words:** Short driving mode condition; Motor vehicle exhaust; Emission detection; Regulatory strategy

我国点燃式发动机汽车尾气排放检测方法主要是简易瞬态工况法和双怠速法<sup>[1]</sup>。前者检测精度高,可检测汽车尾气中的氮氧化物(NO<sub>x</sub>),是一种性价比更高的在用机动车尾气排放检测方法,已在国内得到大范围的应用<sup>[2]</sup>。但个别机动车排气检验机构为追求经济利益最大化,在检测过程中进行违规检测,例如取样软管未配备齐全或长度不符合要求,对于单排气管车辆仍在取样管上加“三通”管件以稀释尾气,车辆上线检验不插入取样探头等<sup>[3-5]</sup>。因此,研究简易瞬态工况法检验监管策略,为监管部门提供实时高效、有理有据的监管手段具有重要意义。

### 1 检测原理

简易瞬态工况法的设备组成包括底盘测功机、五气分析仪、流量计、排气取样系统、自动检测控制系统、安全保护装置等<sup>[6]</sup>。由底盘测功机的滚筒表面代替路面,通过加载装置模拟车辆行驶在道路上的各种阻力,再现实际行驶中的各种工况。系统根据录入的车辆基准质量自动设定试验工况的吸收功率值(表1)<sup>[7]</sup>。底盘测功机的速度和扭力传感器通过串口将所测数据送达主控计算机。

同时,通过流量计的稀释氧传感器测量出环境空气的氧气(O<sub>2</sub>)浓度和稀释尾气的O<sub>2</sub>浓度,与五气分析仪所测尾气中的O<sub>2</sub>浓度进行比较,计算出

收稿日期:2021-09-11;修订日期:2021-12-26

作者简介:胡丹(1993—),女,助理工程师,硕士,从事节能监察工作。

表 1 在 50 km/h 时驱动轮的吸收功率<sup>①</sup>

基准质量 (RM)/kg	测功机吸收功率 (P)/kW
RM ≤ 750	1.3
750 < RM ≤ 850	1.4
850 < RM ≤ 1 020	1.5
1 020 < RM ≤ 1 250	1.7
1 250 < RM ≤ 1 407	1.8
1 470 < RM ≤ 1 700	2.0
1 700 < RM ≤ 1 930	2.1
1 930 < RM ≤ 2 150	2.3
2 150 < RM ≤ 2 380	2.4
2 380 < RM ≤ 2 610	2.6
RM > 2 610	2.7

①对于车辆 RM > 1 700 kg 的乘用车,表中功率值应乘以系数 1.3。

进入流量计的排放尾气的稀释比例。流量计测量的实际稀释体积流量经压力和温度修正后,得到标准大气压状态下的稀释体积流量,结合稀释比例,进而即可计算出尾气的实际排放流量。再通过五气分析仪测得尾气中一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)和 NO<sub>x</sub> 3 种污染物的排放浓度,可分别计算出受检车辆每秒排放的 3 种污染物质量<sup>[8]</sup>。计算公式如下:

$$DR = \frac{[O_2]_{amb} - [O_2]_{dil}}{[O_2]_{amb} - [O_2]_{raw}} \quad (1)$$

式中:DR——稀释比;[O<sub>2</sub>]<sub>amb</sub>——检测站测试环境下的大气氧浓度读数,% ;[O<sub>2</sub>]<sub>dil</sub>——流量计中氧传感器的浓度读数,% ;[O<sub>2</sub>]<sub>raw</sub>——五气分析仪中氧传感器的浓度读数,%。

$$Q_{sta} = Q_{act} \times \frac{P}{T} \times \frac{273.2}{101.3} \quad (2)$$

式中:Q<sub>sta</sub>——0℃和 101.3 kPa 大气压状态下的稀释体积流量,L/s;Q<sub>act</sub>——实际稀释体积流量,L/s;P——稀释废气压力传感器读数,kPa;T——温度传感器读数,K。

$$Q_e = Q_{sta} \times DR \quad (3)$$

式中:Q<sub>e</sub>——尾气实际排放流量,L/s。

$$m_{CO} = 10 \times [CO] \times D_{CO} \times Q_e \quad (4)$$

$$m_{HC} = 10^{-3} \times [HC] \times D_{HC} \times Q_e \quad (5)$$

$$m_{NO} = 10^{-3} \times [NO] \times D_{NO} \times Q_e \quad (6)$$

式中:m<sub>CO</sub>、m<sub>HC</sub>、m<sub>NO</sub>——CO、HC、NO 的实时排放质量,g/s;[CO]——CO 的实时排放浓度,% ;[HC]——HC 的实时排放浓度,10<sup>-6</sup>;[NO]——NO 的实时排放浓度,10<sup>-6</sup>;D<sub>CO</sub>、D<sub>HC</sub>、D<sub>NO</sub> 分别是标准状态下 CO、HC、NO 的密度,g/cm<sup>3</sup><sup>[7]</sup>。

测得的受检车辆每秒实际输出功率和每秒 3

种污染物排放质量相结合,最终可计算出受检车辆在模拟道路负荷工况下的排气污染物排放总量。

## 2 可监管参数分析

### 2.1 车辆基准质量

整个检测过程中,底盘测功机施加于车轮的阻力与最初检测人员录入的车辆基准质量有关。系统根据车辆基准质量,匹配表 1 中的底盘测功机吸收功率值,自动计算设定不同工况下底盘测功机应对受检车辆施加的载荷,而行驶阻力不同,受检车辆进行简易瞬态工况运转循环所输出功率也将随之变化,将直接影响受检车辆尾气排放的最终测量数值,尤其是 NO<sub>x</sub> 测量值。因此,应确保录入的车辆基准质量真实可靠,测功机设定的加载功率值符合标准要求<sup>[9-10]</sup>。

### 2.2 (CO + CO<sub>2</sub>) 浓度

《汽油车污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法)》(GB 18285—2018)中明确要求 CO 与 CO<sub>2</sub> 浓度之和不应 < 6%,否则排放测量结果无效。由于空气中 N<sub>2</sub> 约占 78%,O<sub>2</sub> 约占 21%,稀有惰性气体(氦、氖、氩、氪、氙、氡等)约占 0.94%,CO<sub>2</sub> 约占 0.03%,其他气体(O<sub>3</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 等)和杂质占 0.03%。由此可见,空气中的(CO + CO<sub>2</sub>)浓度 < 6%。汽油车发动机燃烧时的理论空燃比为 1:14.7,汽车尾气中绝大多数气体为 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O,所以(CO + CO<sub>2</sub>)浓度一定 > 6%的,否则,就说明在取样过程中,可能有大量空气进入五气分析仪的取样管内。大量统计数据显示,当汽油车检测数据出现(CO + CO<sub>2</sub>)浓度 < 6%时,违规检测的可能性高达 99%<sup>[11]</sup>。

### 2.3 O<sub>2</sub> 浓度

按照发动机燃烧理论,当混合气的过量空气系数为 1 时,理论上空气与燃料的需求配比为 1:1,即所提供的空气量刚好能满足燃烧的需求,空气正好消耗完全。当发动机中过量空气系数 > 1.3 时,会导致空气量太多,混合气过稀,燃烧不能持续,发动机不能正常工作,故实际燃烧时的空气量最多能比理论所需空气量多出 30%,且空气中的 O<sub>2</sub> 浓度约为 21%,即最多约有 6.3%的 O<sub>2</sub> 没有燃烧而排出机外(采用稀薄燃烧技术的燃气车辆除外)。正常运行状态下的汽油车发动机,其过量空气系数一般在 0.8 ~ 1.1 范围内,即车辆尾气中的 O<sub>2</sub> 浓度应在 2% 左右。因此,监测受检车辆尾气中的 O<sub>2</sub> 浓度

很有必要,当 $O_2$ 浓度在2%左右波动时,认为检测过程正常;当 $O_2$ 浓度超过6%时,大概率有其他来源为受检车辆的尾气提供了 $O_2$ ,说明检测设备出现问题:五气分析仪漏气或 $O_2$ 测试单元失准<sup>[12]</sup>。大量统计数据显示,当检测数据出现 $O_2$ 浓度高于6%时,违规检测的可能性高达99%<sup>[11]</sup>。

#### 2.4 实时检测尾气流量

目前,车用发动机需要通过进气冲程从外界获取空气和燃料,经过压缩、做功冲程完成能量转换,最后,经过排气冲程,将废气排出机外<sup>[13]</sup>。根据物质守恒定律,可以近似的通过发动机排量与尾气排出量的关系,判断排气管是否有泄漏,从而影响检测结果。

根据克拉珀龙方程推导如下:

$$PV = nRT \quad (7)$$

式中: $P$ ——气体压强,Pa; $V$ ——气体体积, $m^3$ ; $n$ ——物质的量,mol; $R$ ——气体常数, $J/(mol \cdot K)$ ; $T$ ——温度,K。

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = C \quad (8)$$

$$V_1 = \frac{P_2 T_1}{P_1 T_2} \times V_2 \quad (9)$$

式中: $P_1$ ——流量计内气体压力,kPa; $V_1$ ——流量计测得排气体积,L; $T_1$ ——流量计测得气体温度,K; $P_2$ ——气缸内排气压力,kPa; $V_2$ ——发动机排量,L; $T_2$ ——气缸内排气温度,K; $C$ ——常数。

因发动机进气冲程损失、排气不充分等因素影响,需考虑增加流量计测得排气体积与发动机排量之间的关系系数。经统计发现,正常检测时,该系数约为0.65。按照流量计正常工作状况时的条件要求,流量计内气体压力 $P_1$ 约为0.08 MPa,流量计内气体温度 $T_1$ 应为298 K。根据发动机的工作原理,发动机排气压力 $P_2$ 一般约为0.1 MPa,排气温度 $T_2$ 约为1 000 K,且发动机曲轴每转2圈(720°),完成一轮进气冲程、压缩冲程、爆炸冲程、排气冲程。结合公式(9)进行化简后可得:

$$Q_{act} = 0.65 \times \frac{P_2 T_1}{P_1 T_2} \times \frac{n_1}{60 \times 2} \times V_2 \quad (10)$$

$$Q_{act} = 2 \times 10^{-3} \times n_1 \times V_2 \quad (11)$$

式中: $Q_{act}$ ——实际稀释体积流量,L/s; $n_1$ ——发动机转速,r/min; $V_2$ ——发动机排量,L。

依据上式的理论推导,可以利用发动机排量和发动机转速的过程数据,通过公式(11)近似绘制

出理论汽车尾气流量曲线,将该曲线与实时检测尾气流量曲线进行比较,当差异较大时,检测过程中可能发生了流量管泄漏现象,当差异>10%时,可基本判定为违规检测<sup>[11]</sup>。

### 3 可监管参数的可行性验证

#### 3.1 五气分析仪漏气实验

选取RM < 3 500 kg的单排气管轻型汽油车进行简易瞬态工况法五气分析仪漏气实验。第1组实验:车辆严格按照标准流程规范操作;第2组实验:车辆在3档车速为50 km/h运行工况时,拔出五气分析仪取样管;第3组实验:车辆在3档车速为50 km/h运行工况时,于五气分析仪取样管的三通阀门处接入一根取样管抽取空气,同时另1根取样管抽取尾气。

实验结果表明,严格按照标准流程操作时,系统显示(CO + CO<sub>2</sub>)浓度>6%、O<sub>2</sub>浓度<6%;拔出抽取受检车辆尾气的取样管和接入一根抽取空气的取样管时,系统均显示(CO + CO<sub>2</sub>)浓度<6%、O<sub>2</sub>浓度>6%。由此可见,可通过观察CO与CO<sub>2</sub>浓度之和是否低于6%、O<sub>2</sub>浓度是否高于6%来判断检测过程中是否存在漏气现象,从而实施有效监管。

#### 3.2 实测尾气流量异常案例

1辆出厂日期为2011年,厂牌型号为QCJ7151A6型轿车,发动机排量为1.5 L,以简易瞬态工况法进行尾气排放检测。监管人员通过日常抽查监控平台的历史视频,发现该车在初检时,流量管未完全收集其尾气,有明显流量管漏气现象,按照上述分析计算出理论尾气流量曲线,将其与实时检测尾气流量曲线比较,发现实时检测尾气流量与理论尾气流量之间的差异率较大。监管人员通知检测站召回该车辆,按照检测流程规范进行了复检,将复检的实时检测尾气流量曲线与理论尾气流量曲线比较,差异率均<10%。部分实时检测过程数据见表2。理论尾气流量曲线和初、复检实测尾气流量曲线对比情况见图1。由此可见,监管人员可以通过监控实时检测尾气流量与根据发动机排量、发动机转速计算出的理论尾气流量之间的差异,来判断检测过程中,是否存在违规检测嫌疑,从而对简易瞬态工况法检测实施有效监管。

表 2 违规操作案例的部分实时检测过程数据

采样次数	发动机转速/(r·min <sup>-1</sup> )	初检实测尾气流量/(L·s <sup>-1</sup> )	复检实测尾气流量/(L·s <sup>-1</sup> )	理论计算流量/(L·s <sup>-1</sup> )	初检差异率/%	复检差异率/%
12	606	2.14	2.15	2.18	1.89	1.38
13	2 186	2.63	7.80	7.87	66.59	0.89
14	3 733	4.34	12.98	13.44	67.71	3.42
15	4 412	6.83	15.03	15.88	56.99	5.35
16	4 294	8.74	14.98	15.46	43.47	3.10
17	4 259	9.74	14.86	15.33	36.47	3.07
18	4 453	9.00	15.09	16.03	43.86	5.86
19	4 450	7.12	15.02	16.02	55.56	6.24
20	4 148	6.13	14.90	14.93	58.95	0.20
21	3 891	5.37	13.86	14.01	61.66	1.07
22	4 245	4.95	14.89	15.28	67.61	2.55

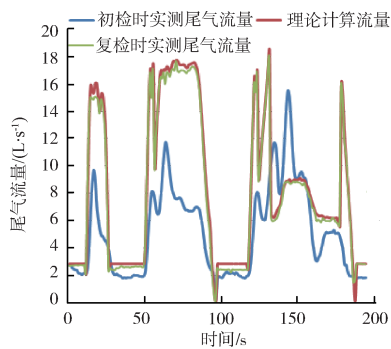


图 1 违规操作案例的理论尾气流量曲线和实测尾气流量曲线对比

#### 4 结语

监管的目的不是为了对检测机构进行处罚,而是为了减少、甚至杜绝违规检测现象,推动机动车尾气排放检测领域规范化。本研究提出的监管策略属于事后监管,而事后监管并未真正达到监管目的,应将监管措施运用于监测系统的参数设定当中,通过系统软件及时发现异常检测数据,在检测过程中中止检测,将事后监管变为事中监管,从而切实有效地达到监管目的。

#### [参考文献]

[1] 樊巍巍. 四川省机动车环保检验机构布局研究[D]. 成都: 西

华大学汽车与交通学院, 2013.

- [2] 任城龙. 关于汽车尾气检测简易瞬态工况法实施的分析与探讨[J]. 汽车博览, 2019(2): 27.
- [3] 陈泽斌. 莫让机动车环保检测形同虚设[J]. 环境, 2016(8): 57-59.
- [4] 梁冰, 黄易凡. 在用车排气检测中的质控问题研究[J]. 环境科学与管理, 2014, 39(1): 124-128.
- [5] 黄小伟, 双菊荣, 胡丹心. 简易瞬态工况法排气检测防舞弊措施探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2015, 27(2): 67-70.
- [6] 黄清风, 余文永, 黄小伟, 等. 机动车排气检测仪器设备维护与自检[J]. 分析仪器, 2014(3): 95-99.
- [7] 汽油车污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法): GB 18285—2018[S]. 北京: 生态环境部, 国家市场监督管理总局, 2018.
- [8] 石小平. 汽油车尾气排放的简易瞬态工况法测量方法[J]. 汽车维修, 2013(6): 13-15.
- [9] 张帮锋, 吴明. 简易瞬态工况法的加载计算和台架结构[J]. 公路与汽运, 2014(4): 30-33.
- [10] 王凯明, 于津涛. 底盘测功机原理及在汽车维修中的应用实例[J]. 汽车维修与保养, 2010(10): 74-76.
- [11] 胡丹. 在用机动车环保定期检验监管策略研究[D]. 成都: 西华大学汽车与交通学院, 2019.
- [12] 吴建华, 常绿, 韩同群. 汽车发动机原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [13] 陈家瑞. 汽车构造[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.

栏目编辑 谭 艳