

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2025.02.003

引用格式:邱杰,吴明,张玛瑙.无外载负荷检测二手乘用车发动机扭矩的方法探讨[J].公路与汽运,2025,41(2):7-12.

Citation: QIU Jie, WU Ming, ZHANG Manao. Discussion on the method of measuring the engine torque of used passenger car without external load[J]. Highways & Automotive Applications, 2025, 41(2): 7-12.

无外载负荷检测二手乘用车发动机扭矩的方法探讨

邱杰¹, 吴明², 张玛瑙³

(1.广东省江门市质量计量监督检测所, 广东 江门 529000; 2.中山市道路运输车辆综合性能小榄检测站, 广东 中山 528415; 3.江门市豪爵变速器有限公司, 广东 江门 529000)

摘要:为提高二手乘用车交易和服务质量,探讨一种以发动机转动惯量作为负荷的无外载负荷检测发动机扭矩的方法。利用试验统计法建立发动机转动惯量与排量的函数关系,从车载自动诊断系统(On-Board Diagnostics, OBD)接口读取发动机转速数据,根据试验统计的发动机转速与时间的回归曲线方程计算各时刻的瞬时转速、角加速度、扭矩。该方法采用标定动态与稳态扭矩比值的相似性原理,适用于有附加供油量或有限速发动机等二手乘用车的最大扭矩检测。

关键词:汽车;二手乘用车;扭矩检测;无外载负荷;发动机转动惯量;附加供油量;限速

中图分类号:U464.12

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2025)02-0007-06

发动机动力性是二手乘用车的核心性能^[1],二手车经销商和买方都希望了解发动机最大扭矩相对于额定扭矩的下降程度^[2]。二手车经销商通常凭外观和感觉来评估二手车的动力性能,买方则只能通过试驾来评估动力性能,不能定量评估。在二手车交易中不会也难以进行台架试验,发动机质量不透明是二手车交易中的严重缺陷和技术难点,也是交易和服务质量投诉的重灾区。本文探讨一种无外载负荷检测二手乘用车发动机扭矩的方法,以准确、简单、快速、可移动式检测乘用车发动机最大扭矩。

1 无外载负荷发动机扭矩检测原理

原地起动车辆,变速箱挂空挡,发动机在无外载负荷的情况下,以自身转动惯量作为负荷,急踩油门到底,通过测量和计算各时刻发动机转速和时间计算瞬时角加速度,发动机扭矩等于转动惯量与角加速度的乘积。发动机瞬时扭矩为:

$$M_i = I \varepsilon_i \quad (1)$$

式中: M_i 为发动机瞬时扭矩(N·m); I 为发动机转动惯量(kg·m²); ε_i 为发动机瞬时角加速度(rad/s²)。

发动机瞬时角加速度为:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta \omega_i}{\Delta t} \quad (2)$$

式中: ω_i 为发动机瞬时角速度(rad/s); $\Delta \omega_i$ 为计算周期内发动机角速度变化量(rad/s); t 为瞬时角速

度对应时刻(s); Δt 为计算周期(s)。

发动机瞬时角速度为:

$$\omega_i = \frac{2\pi n}{60} \quad (3)$$

式中: n 为发动机转速(r/min)。

实测过程仅需通过车载自动诊断系统(On-Board Diagnostics, OBD)读取发动机瞬时转速,即可计算得到发动机最大扭矩^[3]。采用该方法需要解决以下技术问题:1)如何确定发动机转动惯量 I ;2)如何准确采集发动机瞬时转速 n_i ;3)许多乘用车中小排量发动机在加速工况时有附加供油量,须消除和减小附加供油量对检测的影响;4)有些发动机空载加速时有转速限速,不能达到额定扭矩转速时如何检测。

2 无外载负荷发动机扭矩检测方法

2.1 发动机转动惯量的确定

发动机转动惯量与排量成正比,可采用试验统计法确定发动机转动惯量与排量的函数关系,根据发动机排量计算转动惯量。试验方法如下:

(1)将手动变速箱乘用车驱动轮放在底盘测功机上,挂手动变速箱高速挡位结合离合器,变频电机反拖车轮和发动机至较高车速后断电(或加速至较高车速后发动机熄火),电涡流机不加载,车辆带挡自由滑行,读取同一时刻的车速 v_i 、发动机转速 n_i 、

时间 t_i 、涡流机加载力 F_i (F_i 为力传感器的振动力) 及系数 $K_i = v_i/n_i$ (K_i 由变速箱速比和驱动轮滚动半径决定, 在固定挡位下其为常量), 测量规定车速区间的自由滑行时间。

(2) 挂同样挡位, 至较高车速后电涡流机恒力加载, 带挡滑行测量规定车速区间的加载滑行时间, 进行 2 次滑行, 测量系统当量质量 m_x 。当量质量为系统转动件转动惯量的换算等效平移质量, m_x 为台架当量质量、车辆(包括发动机)当量质量之和。

(3) 变速箱挂空挡, 变频电机反拖车轮。同样采用自由和恒力加载 2 次滑行方法, 测量不含发动机的系统当量质量 m_c 。发动机的当量质量 $m_e = m_x - m_c$ 。系统当量质量 m_x 和 m_c 的计算方法可借鉴 JJF 1221—2009《汽车排气污染物监测用底盘测功机校准规范》^[4]。发动机的转动惯量为:

$$I = \frac{m_e r^2}{(i_g i_o)^2} \quad (4)$$

式中: r 为车辆驱动轮半径(m); i_g 为变速箱传动比; i_o 为主传动器传动比。

驱动车轮速度 v 为:

$$v = \frac{0.377nr}{i_g i_o} \quad (5)$$

在挂上挡位自由滑行过程中计算同一时刻的系数 K_i , 得:

$$K = \frac{v}{n} = \frac{0.377r}{i_g i_o}$$

$$\frac{r}{i_g i_o} = \frac{K}{0.377}$$

$$I = \frac{m_e r^2}{(i_g i_o)^2} = \frac{m_e K^2}{0.142 13}$$

式中: K 为 K_i 的平均值。

由于车轮表面温度不同会使车轮滚筒阻力变化较大, 为提高发动机转动惯量测量准确性, 测量和记录驱动轮表面温度, 使自由和恒力加载 2 次滑行法的驱动轮表面温度近似相等。根据 JJF 1221—2009《汽车排气污染物监测用底盘测功机校准规范》, 系统转动惯量为:

$$m_{DIW} = \frac{(F_2 - F_1)t_1 t_2}{\Delta v(t_1 - t_2)}$$

式中: m_{DIW} 为系统转动惯量(台架)等效汽车质量(平移质量, kg); F_2 为涡流机恒力加载在 Δv 车速范围的实测平均值(N); Δv 为车速范围(m/s), $\Delta v = 48 - 16 = 32 \text{ km/h} \approx 8.888 89 \text{ m/s}$, $1/\Delta v \approx 0.112 5$; F_1 为涡流机不加载在 Δv 车速范围的实测平均值(台架不加载状态下平均振动力, N); t_1 为涡流机不加载在 Δv 车速范围的滑行时间(s); t_2 为涡流机恒力加载在 Δv 车速范围的滑行时间(s)。

1.5 L 发动机排量的乘用车挂手动挡滑行测量包含发动机的系统当量惯量 m_x , 采用符合 GB 18285—2018《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)》^[5]要求的轻型底盘测功机, 从车速 70 km/h 滑行至 45 km/h, 车速区间 $\Delta v = 25 \text{ km/h} \approx 6.944 44 \text{ m/s}$, $1/\Delta v \approx 0.144$ 。分别进行恒力加载滑行和不加载滑行, 加载恒力为 700 N, 各测量 2 次, 测量结果见表 1。

表 1 挂手动挡滑行测量结果

测量次数	滑行状态	平均加载力/N	滑行时间/s	轮胎表面温度/°C	K
第一次	加载滑行	699.890	4.753	18.4	0.023 789
	不加载滑行	7.920	9.260	20.0	0.023 788
第二次	加载滑行	703.960	4.728	18.4	0.023 795
	不加载滑行	8.091	9.161	19.6	0.023 782

按第一次测量结果计算:

$$m_x = \frac{0.144 \times (699.890 - 7.920) \times 9.260 \times 4.753}{9.260 - 4.753} \approx 973.10 \text{ kg}$$

按第二次测量结果计算:

$$m_x = \frac{0.144 \times (703.960 - 8.091) \times 9.161 \times 4.728}{9.161 - 4.728} \approx 979.10 \text{ kg}$$

$$m_{x\text{平均值}} = \frac{973.10 + 979.10}{2} = 976.10 \text{ kg}$$

$$K_{\text{平均值}} = \frac{0.023 789 + 0.023 788 + 0.023 795 + 0.023 782}{4} \approx 0.023 79$$

采用同样的方法, 空挡滑行测量不包含发动机的系统当量惯量 m_c , 测量 2 次, 结果见表 2。

表 2 空挡滑行测量结果

测量次数	滑行状态	平均加 载力/N	滑行时 间/s	轮胎表面 温度/℃
第一次	加载滑行	702.530	6.007	19.2
	不加载滑行	9.012	16.972	19.9
第二次	加载滑行	704.050	5.995	18.6
	不加载滑行	6.111	17.046	18.9

按第一次测量结果计算:

$$m_c = \frac{0.144 \times (702.530 - 9.012) \times 16.972 \times 6.007}{16.972 - 6.007} \approx 928.50 \text{ kg}$$

按第二次测量结果计算:

$$m_c = \frac{0.144 \times (704.050 - 6.111) \times 17.046 \times 5.995}{17.046 - 5.995} \approx 929.40 \text{ kg}$$

$$m_{c\text{平均值}} = \frac{928.50 + 929.40}{2} = 928.95 \text{ kg}$$

1.5 L 发动机排量乘用车的实测发动机当量惯量 $m_c = m_x - m_e = 976.10 - 928.95 = 47.15 \text{ kg}$, 发动机惯量 $I = m_c K^2 / 0.142 \text{ 13} = 47.15 \times 0.023 \text{ 79}^2 \div 0.142 \text{ 13} \approx 0.187 \text{ 75 kg} \cdot \text{m}$ 。通过测量不同排量车型的发动机惯量,采用试验统计法得到发动机转动惯量与排量的函数关系,据此可估算任意发动机排量车型的转动惯量。

2.2 发动机瞬时转速的准确采集

通过 OBD 读取发动机飞轮齿盘脉冲信号计算发动机转速较准确。采用 OBD 和手提电脑检测,通常 OBD 的发动机转速采样周期为 0.2 s。为精确采集和计算发动机转速,采用回归曲线计算技术,设定周期为 0.02 s,计算发动机瞬时转速 n_i ;以 0.2 s 周期计算瞬时角加速度 ϵ_i 。

2.3 具有附加供油量发动机扭矩的检测

许多中小排量乘用车,为提高行驶加速的动力性能,在加速工况会短时间供给比额定扭矩工况供油量更多的附加供油量,在无外载负荷加速检测时,发动机同样会有短时间的附加供油量,导致无外载负荷检测的发动机动态最大扭矩大于发动机额定扭矩。由于同一型号发动机在最大油门电脑控制的电喷附加供油量具有相同性,可以通过标定的方法,建立额定供油量、稳态最大扭矩、附加供油量、动态最大扭矩的关系,把所测有附加供油量的动态最大扭矩换算成无附加供油量的稳态最大扭矩,在检测

同一发动机型号不同乘用车时消除附加供油量的影响。

在发动机最大扭矩点,发动机指示扭矩 M_z 等于发动机机械损失扭矩 M_g 与额定扭矩 M_m 之和,即 $M_z = M_g + M_m$ 。 $M_g = \delta M_z$ (δ 为发动机机械损失系数), $M_z = \delta M_z + M_m = 1/(1 - \delta) M_m$, $M_g = \delta/(1 - \delta) M_m$ 。设发动机机械损失计算系数 $\Phi = \delta/(1 - \delta)$, 则 $M_g = \Phi M_m$ 。考虑发动机自身和附件机械损失,可简化估算 $\Phi = 0.1$ 。

用新车的发动机来标定,稳态最大扭矩为额定扭矩 M_m ,为已知量。设 M_m 对应稳态供油量 Q_w ,采用无外载负荷检测发动机动态最大扭矩 M_d ,设 M_d 对应动态供油量 Q_d , $Q_d = Q_w + Q_f$ (Q_f 为附加供油量)。发动机机械损失扭矩 M_g 变化不大,设为常量。新车稳态和动态检测扭矩都与供油量近似成正比, $(Q_w + Q_f)/Q_w = (M_d + \Phi M_m)/(M_w + \Phi M_m)$ 。新车标定时 $M_w = M_m$, Φ 、 M_d 、 M_m 都为已知量, $Q_f/Q_w = (M_d + \Phi M_m)/[(1 + \Phi) M_m] - 1 = C$ 为常量,同一发动机型号的所有乘用车最大油门电脑控制供油量和 C 都近似相同。二手车的稳态和动态检测扭矩也与供油量近似成正比,检测二手车发动机动态最大扭矩 M_{di} 后,即可计算得到相应稳态发动机最大扭矩 $M_{wi} = (M_{di} + \Phi M_m)/(C + 1) - \Phi M_m$,校正 M_{wi} 后与 M_m 比较,可定量评估发动机的稳态动力性能。

当难以寻找老旧车型的新车来标定时,对于有附加供油量或有限速发动机的乘用车,在底盘测功机上台试,以在用车额定功率加速踏板位置稳态测量发动机最大扭矩,然后以在用车最大加速踏板位置,采用无外载负荷测量发动机动态最大扭矩。对于无附加供油量、无限速发动机的乘用车无须进行标定。

2.4 具有转速限速发动机扭矩的检测

乘用车空载汽油机转速限速通常约 3 000 r/min,同一发动机型号最大油门电脑控制限速的发动机转速变化不大,同一转速电脑控制的供油量变化也不大,有限速功能的发动机不会有附加供油量。新车标定时所测最大动态扭矩为 M_x ,二手车检测最大动态扭矩为 M_y ,在相近的限速转速和额定扭矩转速两点中,同一发动机型号的新车或二手车,发动机扭矩变化率近似相同,即 $M_m/M_j = M_x/M_y [M_j$ 为二手车发动机最大稳态扭矩, $M_j = (M_y M_m)/M_x]$ 。

3 检测实例

分别以一台装载 1 490 mL 排量、有附加供油量、不限速发动机的二手乘用车,一台装载 1 598 mL 排量、有限速发动机的二手乘用车,一台装载 3 995 mL 排量、无附加供油量、不限速发动机的二手乘用车检测数据为例,按照上述方法确定发动机扭矩。

从 OBD 取样发动机转速并传送给手提电脑,发动机转速数据采集和计算周期为 0.02 s。根据式(3),发动机瞬时角速度 $\omega_i = (2\pi n)/60 \approx 0.1047n \text{ rad/s}$ 。以第 i 点前后 100 ms 共 200 ms(即角加速度计算周期 $\Delta t = 0.2 \text{ s}$)来计算,根据式(2),第 i 点发动机瞬时角加速度 $\epsilon_i = \Delta\omega_i/\Delta t \approx [0.1047 \times$

$(n_{i+5} - n_{i-5})]/0.2 \text{ rad/s}^2$ 。根据式(1),发动机瞬时扭矩 $M_i = I\epsilon_i$,可计算出发动机瞬时扭矩 M_i 。计算发动机动态最大扭矩 M_{di} 时,去除过程数据中的单个最大扭矩后,取过程数据中最大 5 个扭矩的平均值作为扭矩检测值,功率校正系数为 0.973。

3.1 装载 1 490 mL 排量、有附加供油量、不限速发动机的二手乘用车的扭矩

1 490 mL 排量、有附加供油量、不限速发动机的转动惯量 $I = 0.18759 \text{ kg} \cdot \text{m}$,额定扭矩 $M_m = 141 \text{ N} \cdot \text{m}$,新车标定动态最大扭矩 $M_d = 186.3 \text{ N} \cdot \text{m}$, $C = (M_d + \Phi M_m)/[(1 + \Phi)M_m] - 1 = (186.3 + 0.1 \times 141)/(1.1 \times 141) - 1 \approx 0.292$ 。3 次检测的过程数据见表 3。

第一次扭矩检测值为 $(170.28 + 169.97 +$

表 3 装载 1 490 mL 排量、有附加供油量、不限速发动机的二手乘用车的检测数据

检测次数	转速/ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	角加速度/ ($\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$)	扭矩/ ($\text{N} \cdot \text{m}$)	检测次数	转速/ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	角加速度/ ($\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$)	扭矩/ ($\text{N} \cdot \text{m}$)	检测次数	转速/ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	角加速度/ ($\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$)	扭矩/ ($\text{N} \cdot \text{m}$)
	2 909	818.23	153.49		2 647	799.38	149.96		2 879	813.00	152.51
	3 074	834.46	156.54		2 799	826.61	155.06		3 035	825.56	154.87
	3 230	849.64	159.38		2 962	854.35	160.27		3 194	837.60	157.13
	3 389	864.82	162.23		3 130	882.10	165.47		3 356	850.16	159.48
	3 553	879.48	164.98		3 303	909.32	170.58		3 519	862.20	161.74
	3 720	894.14	167.73		3 480	937.59	175.88		3 685	874.25	164.00
	3 892	907.75	170.28		3 662	946.02	177.46		3 854	886.81	166.36
第一次	4 067	907.70	170.28	第二次	3 849	948.69	177.96	第三次	4 024	886.95	166.38
检测	4 246	906.08	169.97	检测	4 041	948.74	177.97	检测	4 197	885.52	166.12
	4 430	901.85	169.18		4 237	946.17	177.49		4 372	883.57	165.75
	4 617	896.04	168.09		4 438	941.51	176.62		4 549	880.05	165.09
	4 808	887.62	166.51		4 606	934.24	175.25		4 729	874.96	164.13
	4 964	877.62	164.63		4 774	924.34	173.40		4 888	869.34	163.08
	5 120	865.54	162.37		4 942	911.83	171.05		5 048	862.16	161.73
	5 276	850.83	159.61		5 110	897.23	168.31		5 207	853.92	160.19
	5 432	834.55	156.55		5 279	880.00	165.08		5 366	844.64	158.45

$169.18 + 168.09 + 167.73)/5 \approx 169.1 \text{ N} \cdot \text{m}$,第二次扭矩检测值为 $(177.96 + 177.49 + 177.46 + 176.62 + 175.88)/5 \approx 177.1 \text{ N} \cdot \text{m}$,第三次扭矩检测值为 $(166.36 + 166.12 + 165.75 + 165.09 + 164.13)/5 \approx 165.5 \text{ N} \cdot \text{m}$,3 次扭矩检测的平均值为 $170.6 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。 $M_w = (M_{di} + \Phi M_m)/(C + 1) - \Phi M_m = (170.6 + 0.1 \times 141)/(0.292 + 1) - 0.1 \times 141 \approx 128.9 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。校正扭矩 $M_a = 128.9 \times 0.973 \approx 125.4 \text{ N} \cdot \text{m}$,

$M_a/M_m = 125.4/141 \approx 0.889$,该车发动机扭矩达成率为 88.9%。

3.2 装载 1 598 mL 排量、有限速发动机的二手乘用车的扭矩

1 598 mL 排量、有限速发动机的转动惯量 $I = 0.19791 \text{ kg} \cdot \text{m}$,额定扭矩 $M_m = 155 \text{ N} \cdot \text{m}$,新车标定动态最大扭矩 $M_x = 134.2 \text{ N} \cdot \text{m}$,3 次检测的过程数据见表 4。

表 4 装载 1 598 mL 排量、有限速发动机的二手乘用车的检测数据

检测次数	转速/ (r · min ⁻¹)	角加速度/ (rad · s ⁻²)	扭矩/ (N · m)	检测次数	转速/ (r · min ⁻¹)	角加速度/ (rad · s ⁻²)	扭矩/ (N · m)	检测次数	转速/ (r · min ⁻¹)	角加速度/ (rad · s ⁻²)	扭矩/ (N · m)
第一次检测	1 667	542.87	107.44	第二次检测	1 386	478.71	94.74	第三次检测	1 769	552.08	109.26
	1 778	577.84	114.36		1 500	502.33	99.42		1 872	563.91	111.60
	1 888	579.25	114.64		1 614	525.94	104.09		1 976	575.75	113.95
	1 998	580.65	114.92		1 728	549.56	108.76		2 079	587.58	116.29
	2 108	582.06	115.20		1 842	573.17	113.44		2 182	599.41	118.63
	2 218	583.47	115.47		1 956	596.79	118.11		2 308	611.24	120.97
	2 331	584.88	115.75		2 070	595.27	117.81		2 434	623.07	123.31
	2 444	586.29	116.03		2 184	593.74	117.51		2 559	634.90	125.65
	2 556	587.69	116.31		2 298	592.22	117.21		2 685	646.73	127.99
	2 669	589.10	116.59		2 412	590.70	116.91		2 811	658.56	130.34
	2 782	590.51	116.87		2 526	589.18	116.60		2 937	622.49	123.20
	2 895	564.39	111.70		2 637	587.65	116.30		3 063	586.42	116.06
	3 008	538.26	106.53		2 748	586.13	116.00		3 188	550.36	108.92
	3 120	512.14	101.36		2 859	584.61	115.70		3 314	514.29	101.78
	3 233	486.02	96.19		2 970	583.08	115.40		3 440	478.22	94.64
3 346	459.89	91.02	3 081	581.56	115.10	3 497	442.15	87.51			

第一次扭矩检测值为 (116.59 + 116.31 + 116.03 + 115.75 + 115.47) / 5 ≈ 116.0 N · m, 第二次扭矩检测值为 (117.81 + 117.51 + 117.21 + 116.91 + 116.60) / 5 ≈ 117.2 N · m, 第三次扭矩检测值为 (127.99 + 125.65 + 123.31 + 123.30 + 120.97) / 5 ≈ 124.2 N · m, 3 次检测的平均值为 119.1 N · m。 $M_j = (M_y M_m) / M_x = (119.1 \times 155) / 134.2 \approx 137.6 \text{ N} \cdot \text{m}$, 校正扭矩 $M_a = 137.6 \times 0.973 \approx$

133.9 N · m, $M_a / M_m = 133.9 / 155 \approx 0.864$, 该车发动机扭矩达成率为 86.4%。

3.3 装载 3 995 mL 排量、无附加供油量、无限速发动机的二手乘用车的扭矩

3 995 mL 排量、无附加供油量、无限速发动机的转动惯量 $I = 0.410 8 \text{ kg} \cdot \text{m}$, 额定扭矩 $M_m = 385 \text{ N} \cdot \text{m}$, 无须新车标定动态扭矩。3 次检测的过程数据见表 5。

表 5 装载 3 995 mL 排量、无附加供油量、无限速发动机的二手乘用车的检测数据

检测次数	转速/ (r · min ⁻¹)	角加速度/ (rad · s ⁻²)	扭矩/ (N · m)	检测次数	转速/ (r · min ⁻¹)	角加速度/ (rad · s ⁻²)	扭矩/ (N · m)	检测次数	转速/ (r · min ⁻¹)	角加速度/ (rad · s ⁻²)	扭矩/ (N · m)
第一次检测	2 925	715.62	293.98	第二次检测	3 044	764.83	314.19	第三次检测	2 746	764.83	314.19
	3 062	724.52	297.63		3 189	767.45	315.27		2 893	769.55	316.13
	3 200	732.90	301.08		3 333	770.07	316.34		3 040	774.26	318.06
	3 340	741.80	304.73		3 476	771.64	316.99		3 189	778.97	320.00
	3 481	750.18	308.17		3 617	773.73	317.85		3 338	783.68	321.94
	3 627	759.60	312.04		3 757	775.30	318.49		3 488	788.39	323.87
	3 774	768.50	315.70		3 914	776.87	319.14		3 639	793.10	325.81
	3 922	777.40	319.35		4 070	778.44	319.79		3 791	797.81	327.74
	4 072	786.30	323.01		4 223	778.97	320.00		3 944	802.53	329.68

续表 5

检测次数	转速/ (r · min ⁻¹)	角加速度/ (rad · s ⁻²)	扭矩/ (N · m)	检测次数	转速/ (r · min ⁻¹)	角加速度/ (rad · s ⁻²)	扭矩/ (N · m)	检测次数	转速/ (r · min ⁻¹)	角加速度/ (rad · s ⁻²)	扭矩/ (N · m)
	4 223	795.20	326.67		4 375	780.02	320.43		4 098	807.24	331.61
	4 376	768.60	315.74		4 525	780.54	320.65		4 252	811.95	333.55
第一次	4 530	741.49	304.60	第二次	4 673	771.12	316.77	第三次	4 408	776.78	319.10
检测	4 685	713.84	293.25	检测	4 820	721.73	296.49	检测	4 564	741.09	304.44
	4 842	685.16	281.46		4 964	673.92	276.85		4 722	704.87	289.56
	5 000	655.95	269.46		5 107	626.63	257.42		4 880	668.13	274.47

第一次扭矩检测值为 (312.04 + 315.70 + 319.35 + 323.01 + 315.74) / 5 ≈ 317.2 N · m, 第二次扭矩检测值为 (318.49 + 319.14 + 319.79 + 320.00 + 320.43) / 5 ≈ 319.6 N · m, 第三次扭矩检测值为 (323.87 + 325.81 + 327.74 + 329.68 + 331.61) / 5 ≈ 327.7 N · m, 3 次扭矩检测的平均值为 321.5 N · m. 校正扭矩 $M_a = 321.5 \times 0.973 \approx 312.8 \text{ N} \cdot \text{m}$, $M_a / M_m = 312.8 / 385 \approx 0.812$, 该车发动机扭矩达成率为 81.2%。

4 结语

大量试验表明, 无外载负荷检测可在短时间内多次快捷检测, 其均值接近实际值, 与台试检测的稳态发动机最大扭矩差异不大, 满足二手乘用车发动机技术状况评估要求。同一电控发动机最大油门供油量具有相同性, 该方法采用标定动态与稳态扭矩比值的相似性原理, 具有准确、方便、快捷、安全的优点, 可用于定量评估发动机的稳态动力性能, 解决二

手车交易中发动机技术状况不透明的痛点, 有助于提高二手车交易的规范性和服务质量, 同时为汽车 4S 店和修理厂对发动机维修、保养提供技术支持。

参考文献:

[1] 孙庆. 二手车技术鉴定与评估改进[D]. 成都: 西华大学, 2015.

[2] 肖冬玲. 二手车鉴定评估方法研究[D]. 西安: 长安大学, 2007.

[3] 冯忠贵, 吴明. 二手车发动机、变速箱、传动系达标检测方法探讨[J]. 公路与汽运, 2021(6): 10-12.

[4] 河南省计量科学研究院. 汽车排气污染物监测用底盘测功机校准规范: JJF 1221—2009[S]. 北京: 中国质检出版社, 2009.

[5] 中国环境科学研究院. 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: 中国环境科学出版社, 2018.

收稿日期: 2024-06-04

(上接第 6 页)

4 结语

本文重点介绍双目摄像头与半主动悬架相结合的悬架控制策略, 属于现阶段行业应用的热门趋势。希望通过对该策略的研究分析, 为后续研究提供指导, 使其少走弯路。

参考文献:

[1] 林家让. 汽车构造: 底盘篇[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

[2] 陈家瑞. 汽车构造: 上册[M]. 2 版. 北京: 机械工业出版

社, 2005.

[3] 张孝祖. 车辆控制理论基础及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.

[4] 李幼德, 宋大风, 李静, 等. 汽车可调阻尼半主动悬架控制器[J]. 吉林大学学报(工学版), 2004, 34(1): 71-74.

[5] 余志生. 汽车理论[M]. 5 版. 北京: 机械工业出版社, 2009.

[6] 陈凡, 林澜春. 汽车通过减速带的残余抖动评价[J]. 公路与汽运, 2022(3): 4-5+10.

[7] 许晖. 魔毯的感觉——认识空气悬架系统[J]. 汽车之友, 2022(5): 48-55.

收稿日期: 2023-12-06