

部分负载测功法的试验研究

黄 键 王 武

(福建农业大学)

摘 要 汽车维修使用部门测试功率,常使用底盘测功机或无负载加速测功法。前者造价高,后者存在未知转动惯量及测量精度问题,未能普及。该文提出一种部分负载测功法,较好地解决了加速测功法的固有缺陷,又保持了造价低的优点,便于维修部门使用。

关键词 底盘测功机 无负载测功 部分负载测功

汽车功率的测试不论在汽车的生产部门、科研部门,还是在汽车的使用、维修、监督管理部门都占有十分重要的地位。一般后者对测功的要求与前者有所不同,使用部门要求测试时间短,测试方法简便,而对测试精度的要求相对于科研部门要低一些。

1 部分负载测功法的原理

测定汽车功率,可以采用底盘测功机。它是应用“可逆原理”,将车辆固定,而让其驱动轮带动滚筒旋转,通过测功装置吸收车轮传递的功率并测出其转速、转矩及功率。这种方法的特点是可以进行稳定工况下的测试,因汽车功率全部被测功机所吸收,故可称为全负载法测功。由于整套设备价格昂贵,所以在修理部门难于普遍采用。

80年代以来,国内许多单位致力于无负载测功法的研究^[1,2]。它是利用发动机自身的惯量作为负载,利用旋转件动能的增加来吸收发动机功率。在已知其转动惯量的条件下,通过测量加速参数,间接计算出功率。这种测功法有快速、简便的优点,但不足之处是必须给出发动机的当量转动惯量,才能计算功率。这对于修理部门所面对的型号繁杂、转动惯量未知的发动机,其应用范围受到限制。另外,由于多缸发动机转动惯量较小,整个加速过程极为短暂。这对计算结果的精度,重复性的提高均造成困难。正因为这些原因,无负载测功法在使用部门的运用也并不普遍。

为解决上述矛盾,我们研制了一种基于部分负载测功法的装置。该装置以液力耦合器为负载,吸收发动机的部分功率,在滚筒式测功装置中,耦合器的涡轮固定,而泵轮与滚筒相联,此时滚筒的制动力矩是滚筒转速的函数,可通过试验,建立该函数的经验表达式,也可用力传感器在试验过程中实时测定。

当汽车驱动轮在滚筒上以全油门加速时,所发出功率的一部分被液力耦合器吸收,另一部分转换为包括滚筒在内的旋转体的动能增量。它们之间的功率平衡关系如下:

$$N_e = \frac{K}{1000} (I_{\text{车}} + I_{\text{筒}}) \cdot \frac{d\omega}{dt} \cdot \omega + N_{\text{液}}(\omega) \quad (1)$$

式中 $I_{\text{车}}$ —— 汽车的旋转质量换算到滚筒轴上的转动惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$; $I_{\text{筒}}$ —— 滚筒的转动

收稿日期: 1999-01-05

黄键, 副教授, 福州市金山 福建农业大学机电工程系, 350002



© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$; ω ——滚筒转速, $1/\text{s}$; $\frac{d\omega}{dt}$ ——滚筒的角加速度, $1/\text{s}^2$; $N_{\text{液}}$ ——液力偶合器所吸收的功率, kW ; K ——反映加速非稳定工况与稳定工况差异引入的修正系数。

式中液力偶合器吸收功率 $N_{\text{液}}(\omega)$ 是滚筒转速的函数, 因此, 在全油门加速过程中, 只要连续测出 ω 及其对应的 $d\omega/dt$, 就可根据 (1) 式算出汽车功率的变化历程, $N_e = N_e(\omega)$ 或 $N_e = N_e(u)$ 。其中 u 为汽车行驶速度。

2 车辆旋转部件惯性的测定

前已述及, 无负载测功法计算的一个要素是事先要求出被测车辆传动系统的转动惯量。对于各种不同型号的车辆, 我们采用下述的附加惯量测定法来确定车辆的未知转动惯量。

所研制的测功系统中, 除了滚筒等固有的转动惯量外, 还设有一套可附加的已知转动惯量 ΔI 。当 ΔI 附加于滚筒之后, 全油门加速过程的功率平衡式为:

$$N_e = \frac{K}{1000} (I_{\text{车}} + I_{\text{筒}} + \Delta I) \frac{d\omega'}{dt} \cdot \omega' + N_{\text{液}}(\omega) \quad (2)$$

由于 (1) 式所描述的不附加转动惯量的加速过程与 (2) 式所描述的带附加转动惯量 ΔI 的加速过程均属油门全开的工况。所以, 可以认为都是外特性工况。(1)、(2) 式中的 $N_{\text{液}}(\omega)$ 是相同的。但因转动惯量不同, 总加速时间不同, 对应转速下的加速度也不同。在两种加速过程中, 选取滚筒转速相同的点, (即 $\omega = \omega'$ 时, 功率相等) 联立解 (1)、(2) 两式, 可得:

$$I_{\text{车}} = \frac{\Delta I \cdot \frac{d\omega'}{dt} - I_{\text{筒}} \left(\frac{d\omega}{dt} - \frac{d\omega'}{dt} \right)}{\frac{d\omega}{dt} - \frac{d\omega'}{dt}} \quad (3)$$

式中滚筒转动惯量 $I_{\text{筒}}$ 及附加转动惯量 ΔI 可用试验法测定, 这样, 只须在滚筒上作两次全油门加速, 即可测出整车的旋转质量换算到滚筒轴上的转动惯量 $I_{\text{车}}$, 汽车的功率可用 (1) 式或 (2) 式进一步算出。这样, 困扰无负载测功法应用的关键问题得以解决。

3 角速度与角加速度的测定

如果忽略汽车驱动轮与滚筒之间的相对滑动, 则车速和汽车的加速度可由滚筒的切线速度和切线加速度表示。测量滚筒速度的方法可用定时测距法或定距测时法 (两种方法互为倒数关系)。在实际装置中, 由于信号盘尺寸的限制及考虑加工的分度精度的影响, 一般不宜设计较多的信号孔, 因此, 在本设计的测速范围内采用定距测时法具有更高的精度。装置中以测量滚筒旋转一周所需的时间来计算滚筒的角速度和角加速度。

设滚筒直径为 D , 其每转所需的时间分别为 T_1, T_2, \dots, T_i , 则滚筒每转的平均线速度为 $\pi D / T_1, \pi D / T_2, \dots, \pi D / T_i$, 相邻两转间的速度差为:

$$\pi D \cdot \left(\frac{1}{T_{i+1}} - \frac{1}{T_i} \right) = \pi D \frac{T_i - T_{i+1}}{T_i \cdot T_{i+1}}$$

相应的每转间的时间间隔为: $\frac{T_i + T_{i+1}}{2}$

故每相邻两转间的平均角加速度为:

$$a_i = \frac{(T_i - T_{i+1})}{T_i \cdot T_{i+1}} \cdot \frac{T_i + T_{i+1}}{2} = \frac{2(T_i - T_{i+1}) \cdot \pi D}{T_i \cdot T_{i+1} \cdot (T_i + T_{i+1})} \quad (4)$$

与此相对应的平均速度为:

$$u_i = \frac{MD}{2} \left(\frac{1}{T_i} + \frac{1}{T_{i+1}} \right) = \frac{MD(T_i + T_{i+1})}{2T_i \cdot T_{i+1}} Ne \quad (5)$$

连续测量全油门加速过程中 a_i 与 u_i 的值, 并按公式(1), (2) 计算后, 可在计算机屏幕上直接显示加速过程的功率曲线(如图 1)。

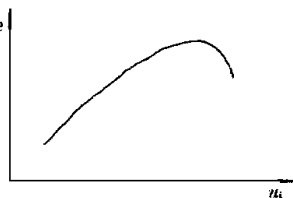
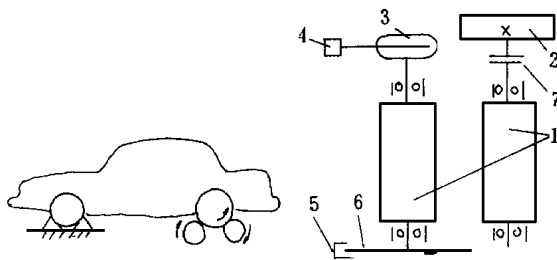


图 1 $Ne - u_i$ 曲线

Fig 1 $Ne - u_i$ curve

4 部分负载测功系统

系统的简图如图 2。测量部分由一台 PC 机及一个单片机系统组成主从式系统。下位机是 89C51 为核心的单片机数据采集系统, 它负责滚筒转速信号及耦合器力矩信号的采集、缓冲。上位机为 PC 机, 它负责数值计算、结果显示、存储及人机对话界面的管理。PC 机根据操作人员的要求向单片机发出控制采集的命令、接收单片机送来的数据, 并在屏幕上实时显示速度变化。这种配置充分发挥了单片机外部功能多、实时性好及 PC 机运算能力强、存储容量大及显示界面美观的各自优点。



1. 滚筒 2. 附加转动惯量装置 3. 液力偶合器
4. 力传感器 5. 速度传感器 6. 速度信号盘 7. 离合器

图 2 测试系统示意图

Fig 2 Measurement system

5 讨 论

1) 无负载测功法较早应用于测试内燃机功率。由于内燃机自身转动惯量很小, 当全油门加速时加速时间很短。一般小客车发动机从最低转速、空载加速到最高转速的时间不及 0.5 s。如此变化剧烈的角加速度影响了测量的精度和重复性。在本装置中由于滚筒的转动惯量及增设了液力偶合器吸收部分功率, 所以可使得加速过程变缓。试验表明, 一般小客车的加速时间可延长到 12~15 s。这有助于提高测试精度和减小非稳定工况造成的影响。在多次的加速测量中, 该方法测得的数据重复性较好。

2) 运用附加惯量法进行两次加速测试, 即可求出车辆的转动惯量, 可直接由计算机计算出被测车辆的驱动功率。这样就解除了无负载加速测功法推广使用中所受未知惯量问题的限制。

3) 由于采用了 PC 机进行数值计算及图形处理, 使测试过程更为简便、直观。两次加速后就可可在屏幕上显示出功率图, 并可存储所有的数据及进行二次开发处理。

4) 设备采用目前的设计方案, 虽比无负载测功仪复杂, 但能给出更接近实际情况的功率曲线和结果。与常规的底盘测功机系统相比, 其性能相当, 而价格仅为底盘测功机的 1/4 左右。因此, 这是十分适合使用、维修部门采用的一种方案。

参 考 文 献

- 1 黄幼昌等. 发动机的无负荷测功法与电子测功仪. 福建农学院学报, 1982. 2
- 2 张江汉. 汽车发动机无负荷测功原理及应用. 汽车技术, 1995(12): 44~48

Study on Vehicle Power Measurement Using Partial Load Acceleration

Huang Jian Wang Wu

(Fujian Agricultural University, Fuzhou, 350002)

Abstract In vehicle maintenance works, roller type dynamometers or acceleration testers are used to measure the vehicle power. Both of the two kinds of equipment are not very popular for some reasons: the dynamometers are expensive and the acceleration testing rig usually with a little shortcoming, such as in accuracy and the unknown rotation inertia. A partial load acceleration power test method which will improve the performance and keep the lower price was developed. It is suitable and helpful for more vehicle maintenance works.

Key words roller type dynamometer, free acceleration power measurement, power measuring using partial load acceleration