

底盘测功机基本惯量等效汽车质量 DIW 测试方法探讨

周申生 王良清

(浙江江兴汽车检测设备有限公司)

摘要:本文对传统二次加载测量底盘测功机基本惯量[DIW]方法和加减标准飞轮测量底盘测功机(DIW)方法进行理论探讨分析并用实验数据证明其存在缺点,同时简单介绍我厂研发新的精确测量DIW方法和效果[论文另发]

关键词: 基本惯量 测量

我厂是专业生产汽车检测设备企业,为实现国标 GB18285-2005、GB3847 的要求,对底盘测功机 DIW 测试方法进行大量对比试验,总结经验,现已实现对基本惯量精确测量。

开始试验时,我们是根据北京理工大学 I/M 研究组(2005年8月18日)编写的“简易瞬态工况法排放测量设备和计算机控制软件技术要求”“编制说明”。“2.3 方法进行。我们是在固定单飞轮底盘测功机上分别用上述两种 DIW 测量方法进行试验,每次试验时台体均经充分预热。为使测试结果数据可靠性得以验证。我们加工两个均质钢材、惯量当量分别为 660kg 和 330kg(计算值精度达 0.2%)的飞轮供测量比对验证之用。上述两方法测量结果数据均不尽人意,现将各种试验方法和优缺点分述如下:

一、加减飞轮测量底盘测功机转动惯量等效汽车质量(DIW)方法和存在问题:

1、测试方法说明:

1) 先检测底盘测功机在正常结构(装 600kg 当量惯量飞轮)状态时(48~16km/h)的实测滑行时间为 t_1 。

$$PLHP_{32} = 0.0790 \times DIW / t_1 \dots\dots\dots(1)$$

式中, $PLHP_{32}$ 为滚筒线速度为 32km/h 时的台体阻力平均损耗功率 (kw), DIW 为底盘测功机所有旋转件的转动惯量的等效汽车质量 (kg)。

2) 拆去 600kg 当量惯量飞轮改为 330kg 当量惯量飞轮, 检测此种结构状态时的 (48~16km/h) 的滑行时间为 t_2 。

$$PLHP_{32} = 0.0790 \times (DIW - 330) / t_2 \dots\dots\dots(2)$$

3) 联立解公式 1 和公式 2, 可得到 DIW 计算公式。

$$DIW = \frac{330t_1}{t_1 - t_2}$$

2、实验测试数据

| 实验次数 | 装 660 kg 当量惯量飞轮 滑行时间 t_1 (s) | 装 330 kg 当量惯量飞轮 滑行时间 t_2 (s) |
|-------------|---|-----------------------------------|
| | 速度滑行区间 48-16 (km/h) | |
| 1 | 187.541 | 116.883 |
| 2 | 185.924 | 118.449 |
| 3 | 186.758 | 117.543 |
| 平均 | $t_1=186.741$ | $t_2=117.625$ |
| DIW 装大飞轮 | 公式 $DIW = \frac{330 \cdot t_1}{t_1 - t_2} = \frac{330 \times 186.741}{69.116} = 892 \text{ (kg)}$ | |

装 660kg 当量惯量飞轮时, 台体 DIW 测量真实值为 1012kg, (另文验证) 而用上述方法测量结果只为 892kg, 测量误差为 120kg。

3、基本惯量 DIW 测量误差分析:

1)、换成小飞轮后, 压在轴承上飞轮重量减小, 支撑飞轮的轴承摩擦阻力矩减小, 两次滑行阻力相等假设不能成立。

2)、因装飞轮不同, 旋转时风阻不同, 阻力矩也不同。

3)、实际测量结果有一百多公斤误差,我们认为此方法是绝对不可行的。

二、两次加载测量底盘测功机 DIW 方法:两次加载测量底盘测功机 DIW 原公式无法溯源[注 2],下面我们对公式进行粗糙推导。

(1) 公式推导:将台体滚筒表面线速度(下称速度)驱动至 75km/h 以上,断开电机电源,恒力控制让滚筒滑行,t 时间间隔读取下列参数一次

i-----采样顺序

v_i ——滚筒表面线速度

f_i ----台体内部阻力等效滚筒表面阻力[N]

F_i ——涡流机加载等效滚筒表面阻力 (N)

$F_{总i}$ ——为等效施加滚筒表面总阻力。

m——DIW 台体基本惯量

$$F_{总i} = f_i + F_i$$

根据能量守恒定律

$$\frac{1}{2}(V_{i-1}^2 - V_{i+1}^2) \cdot m = F_i \cdot V_i \cdot 2t + f_i \cdot V_i \cdot 2t$$

$$\therefore \frac{1}{2}(V_{i-1} + V_{i+1}) = V_i$$

$$\therefore F_i + f_i = \frac{V_{i-1} - V_{i+1}}{2t} \cdot m$$

计算机每次取样数据可构成下组等式

$$\therefore i \text{ 次取样[下依次]} \quad F_i + f_i = \frac{v_{i-1} - v_{i+1}}{2t} m$$

$$i+1 \quad F_{i+1} + f_{i+1} = \frac{v_i - v_{i+2}}{2t} m$$

$$i+2 \quad F_{i+2} + f_{i+2} = \frac{v_{i+1} - v_{i+3}}{2t} m$$

.....

$$n-1 \quad F_{n-1} + f_{n-1} = \frac{v_{n-2} - v_n}{2t} m$$

$$n \quad F_n + f_n = \frac{v_{n-1} - v_{n+1}}{2t} m$$

从 i 到 n, 上述等式, 左边相加等于右边相加

$$\sum_{i=1}^n F_i + \sum_{i=1}^n f_i = \frac{v_0 + v_1 - v_n - v_{n+1}}{2t} \cdot m \tag{1}$$

有台体内部阻力公式[注 2] $f_i = a + bv_i + tv_i^2$ 式中 a. b. c 均为常数

滚筒低速滑行时假设[1] $f_i = a + bv_i$ 代入 (1) 式

$$\sum_{i=1}^n F_i + \sum_{i=1}^n (a + bv_i) = \frac{v_0 + v_1 - v_n - v_{n+1}}{2t} \cdot m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n F_i = \bar{F} \quad ; \quad \sum_{i=1}^n a = na \quad ; \quad \sum_{i=1}^n bv_i = n \cdot \frac{v_1 + v_n}{2}$$

代入 (2) 式

$$\therefore \bar{F} + a + b \frac{V_1 + V_n}{2} = \frac{v_0 + v_1 - v_n - v_{n+1}}{2nt} \cdot m$$

$$\text{令 } a + b \frac{V_1 + V_n}{2} = k$$

$$\therefore n = \frac{t_n - t_1 + t}{t} \quad nt = t_n - t_1 + t$$

$$\bar{F} + k = \frac{v_0 + v_1 - v_n - v_{n+1}}{2nt} \cdot m = \frac{v_1 - v_n + \frac{(v_0 - v_1) + (v_n - v_{n+1})}{2}}{t_n - t_1 + t} \cdot m \quad (3)$$

式中 \bar{F} 为 F_i 平均值

$$\text{令 } a = v_1 - v_n \quad b = t_n - t_1 \quad c = \frac{(v_0 - v_1) + (v_n - v_{n+1})}{2} \quad d = t$$

$$\therefore \bar{F} + K = \frac{a + c}{b + d}$$

$$\therefore \frac{a}{b} = \frac{(v_1 + v_n) + (v_n - v_{n-1})}{2t} = \text{平均减速度}$$

$$\therefore \frac{c}{d} = \frac{v_1 - v_n}{t_n - t_1} = \text{平均减速度}$$

$$\text{现利用数学公式 } \frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{a + c}{b + d}$$

$$\text{假设[3] } \bar{F} + K = \frac{a + c}{b + a} \cdot m \approx \frac{a}{b} \cdot m$$

$$\text{将上式简化: } \bar{F} + K = \frac{v_1 - v_n}{t_n - t_1} m \quad (4)$$

如第一次加载力为 F_1 ，滑行速度从 v_1 — v_2 (m/s)，滑行时间为 t_1

$$\text{由 (4) 得: } \bar{F}_1 + K = \frac{v_1 - v_2}{t_1} m \quad (5)$$

第二次加载力为 F_2 , 滑行速度为 $v_1 - v_2$, 滑行时间为 t_2

$$\text{由 (4) 得: } \bar{F}_2 + K = \frac{v_1 - v_2}{t_2} m \quad (6)$$

假设(4);两次加载平均阻力相等, 即 K 值相等

(5) (6) 联立方程得:

$$m = \frac{(\bar{F}_2 - \bar{F}_1)t_1 t_2}{(t_1 - t_2)(v_1 - v_2)}$$

这里重申: 式中 \bar{F} 所有为 F_i 实时加载测量平均值 (非台体控制恒力值)

2、DIW 实验测试数据: (以下数据是采用恒力控制值计算)

| | | 速度范围滑行获得惯量kg | |
|-----------|----------------------------------|---------------------|---------------------|
| 次数 | 涡流机加力 (N) | 装 660 kg 当量 惯量飞轮 | 装 330 kg 当量惯量飞 轮 |
| | | 48-16(km/h) | 48-16(km/h) |
| 1 | $\bar{F}_1 \approx 1000\text{N}$ | 1011 | 657 |
| 2 | | 1025 | 633 |
| 3 | $\bar{F}_2 \approx 1500\text{N}$ | 995 | 608 |
| 平均 | | 1010 | 631.66 |
| 重复性 (kg) | | 30 | 49 |
| 两飞轮单量惯量值差 | | 378.34 | |
| 1 | $\bar{F}_1 \approx 280\text{N}$ | 1003 | 688 |
| 2 | | 1004 | 654 |
| 3 | $\bar{F}_2 \approx 640\text{N}$ | 1009 | 670 |
| 平均 (kg) | | 1005 | 670.66 |
| 重复性 (kg) | | 6 | 34 |
| 两飞轮单量惯量值差 | | 334 | |

1、二次加载测量 DIW 误差分析:

1)、公式推导存在四个近似假设, 因而引入误差

在公式推导中 $f_i = a + bv_i + cv_i^2$

低速时 简化成 $f_i = a + bv_i$, 因此存在误差

2) 要满足低速滑行条件,使速度滑行区间小,引入测量滑行时间误差

3) $K \approx a + \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot b$, 因公式为近似值

4) 推导是以两次加载台体内部阻力完全相等为基础建立公式,实际测量还存在阻力测量重复性问题,因此也引入误差。

5) DIW 测量误差难以用测量参数误差来表达。

实际测量表明,两次加载测量 DIW,比加减飞轮法测量 DIW 来得准确,如用实时值计算,测量数据重复性将大大改善,测量结果可满足相关技术要求,但预热时间相对较长。

三、我厂经长期实践和探索,利用计算机高速采样和计算技术,推导出一种全新计算底盘测功机台体基本惯量公式,实现台体基本惯量的精确测量:

1、现将我厂测量 DIW 方法介绍如下:

1) 用拖动电机将底盘测功机预热,(在 96km/h 速度下预热 120 秒)使台体阻力稳定在 1%之内(40km/h)。然后电机断电,每变化 5km/h 测一次台体阻力系数,测量结束绘成阻力系数——速度曲线供以后查阅。

2) 加载测量惯量,通过恒力方法给电涡流机加载。电涡流实时测量加载力,并查找该速度测量点阻力系数,实时修正。最后通过求和公式求得 DIW。

3) DIW 测试公式推导和详细测量方法另文叙述

2、本方法测试特点是:

1) 整个测量公式推导只用加载和不加载台体内部阻力完全相等一个假设。

2) 各测量参数对惯量值影响均可溯源。

3) 公式适应滑行区间大,减少因测量时间短,导致速度判断不准引入误差。

4) 因滑行区间大,可增大电涡流机载荷,使台体内部阻力占总阻力比例减小,即使每次测量时台体内部阻力有所变化,但对总的基本惯量测量结果影响不大(阻力 1%之内变化,影响惯量值仅为 0.05%)。

5) 控制参数选择适当时,惯量测量重复性在 0.2%之内。预热时间短

6) 系统误差可修正;因测量重复性好,测量方法和系统误差也可以通过标准飞轮的测量得以修正。

7) 适合使用现场检测。

8) 测量惯量准确度可达 $\pm 0.6\%$ 。

【参考文献】

【1】 HJ/T290-2006 汽油车简易瞬态工况法排气污染物测量设备技术要求

【2】 编制说明——北京理工大学 I/M 研究组(2005-8-18)
(简易瞬态工况法排气设备和计算机控制软件技术要求)