

## 二00九年硕士研究生入学考试“汽车理论”试题参考答案

### 一、 解释下列术语 （每小题 2 分，共 10 分）

1. 流线型因数：汽车的空气阻力系数与迎风面积的乘积。
2. 临界减速度：在同步附着系数路面上制动时，车轮抱死后的减速度。
3. 侧偏现象：轮胎接地中心的移动方向与车轮平面方向不一致的现象。
4. 特征车速：具有不足转向特性的汽车，最大横摆角速度所对应的车速。
5. 静态储备系数：中性转向点到前轴的距离与质心到前轴的距离之差与轴距的比值。

### 二、 填空题 （每空 1 分，共 10 分）

1. 在进行汽车动力性计算时，理论上应采用发动机的（ 使用外特性 ）曲线。
2. 当汽车以某一车速等速行驶时，降挡则提高了汽车的（ 后备功率 ），升挡则提高了发动机的负荷率。
3. 峰值附着系数一般出现在滑动率为（ 15~20% ）时。
4. 制动方向稳定性包括（不跑偏）、（不侧滑）、（不失去转向能力）三个方面。
5. 变速器按等比级数分配传动比的优点是（提高动力性）、（便于换挡）。
6. 研究汽车平顺性时，最简单的四轮汽车立体模型为（ 7 ）个自由度。
7. 在单质量振动系统中，已知频率响应函数 $H(j\omega)_{z-q} = \frac{1+2j\zeta\lambda}{1-\lambda^2+2j\zeta\lambda}$ ，其幅频特

性为（  $|H(j\omega)|_{z-q} = \left[ \frac{1+(2\zeta\lambda)^2}{(1-\lambda^2)^2 + (2\zeta\lambda)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$  ）。

### 三、 判断题 （在括号内填上“正确”或“错误”，每小题 2 分，共 10 分）

1. 转弯通道内圆直径比最小转弯直径要小。（正确）
2. 降低悬架系统的固有频率，可减小车身振动时悬架动挠度的大小。（错误）
3. 汽车以极低的车速行驶而无轮胎侧偏角时的稳态响应特性为中性转向。（正确）
4. 在 $\phi > \phi_0$ 路面上制动时，后轮的利用附着系数比前轮的高。（正确）
5. 总质量相同的轿车的比功率相差不大。（错误）

### 四、 问答及分析题 （每小题 15 分，共 90 分）

1. 什么是动力特性方程？简述用该方程求超车加速时间的方法。

答：动力特性方程： $D = f + i + \frac{\delta}{g} \frac{du}{dt}$

加速时，设  $i=0$ ，则汽车加速度为：

$$\frac{du}{dt} = \frac{g}{\delta} (D - f) \quad , \quad \text{记 } \frac{du}{dt} = a$$

超车加速时，由某一车速  $u_1$  加速至另一较高车速  $u_2$  所需的时间  $t$ ：

$$\text{由于 } dt = \frac{1}{a} du \quad , \quad \text{故 } t = \int_{u_1}^{u_2} \frac{1}{a} du$$

## 2. 要节省燃油消耗，应如何选择行驶车速和挡位，为什么？

答：根据等速百公里油耗公式： $Q_s = \frac{CFb}{\eta_r}$  （式中  $C$ ——常数； $F$ ——行

驶阻力； $b$ ——发动机耗油率），由上式可知，等速百公里燃油消耗量正比于行驶时的行驶阻力与燃油消耗率，反比于传动效率。

汽车在接近于低速的中等车速时燃油消耗量  $Q_s$  最低，高速时随车速增加  $Q_s$  迅速加大。这是因为在高速行驶时，虽然发动机的负荷率较高，但汽车的行驶阻力增加很多而导致百公里油耗增加的缘故。

在同一道路条件与车速下，虽然发动机发出的功率相同，但挡位越低，后备功率越大，发动机的负荷率越低，燃油消耗率越高，百公里燃油消耗量就越大。因此，应尽可能使用高档。

## 3. 为什么汽车出现后轴侧滑比前轴侧滑更危险？

答：汽车前轴侧滑和后轴侧滑两种运动情况的受力如图：

汽车发生前轴侧滑做圆周运动时，产生了作用于质心  $C$  的侧向惯性力  $F_j$ 。显然， $F_j$  的方向与前轴侧滑的方向相反，就是  $F_j$  能起减少或阻止前轴侧滑的作用，因此汽车处于一种稳定状态。

汽车出现后轴侧滑时，作用于质心  $C$  的圆周运动惯性力  $F_j$ ，此时却与后轴侧滑方向一

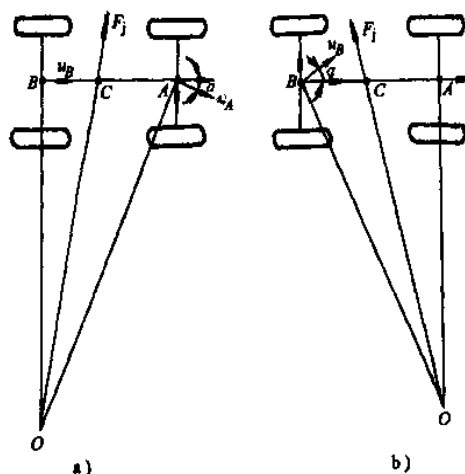


图 4-25 汽车侧滑时的运动情况  
a) 前轴侧滑 b) 后轴侧滑

致。惯性力  $F_j$  加剧后轴侧滑；后轴侧滑又加剧惯性力  $F_j$ ，汽车将急剧转动。因此汽车出现后轴侧滑比前轴侧滑更危险。

#### 4. 增大货车前钢板弹簧刚度可以提高汽车的不足转向量，试分析其原因。

答：因为增大前钢板弹簧刚度可以提高前悬架的侧倾角刚度；

车厢发生侧倾时，较大的悬架的侧倾角刚度会引起左右车轮载荷的变化更大；

前轴左右车轮载荷的变化大，则轮胎的平均侧偏刚度减小也大，前轮侧偏角明显增大。

所以，增大货车前钢板弹簧刚度后，前、后轮侧偏角绝对值之差会增大，可以提高汽车的不足转向量。

#### 5. 汽车使用过程中哪些因素（至少列举 3 种）会引起稳态响应特性的变化？并说明其变化趋势。

答：根据稳定性因数公式：
$$K = \frac{m}{L^2} \left( \frac{a}{k_2} - \frac{b}{k_1} \right)$$

汽车使用过程中影响稳态响应特性的因素有：

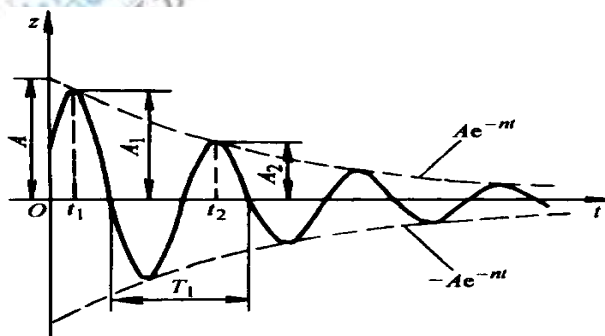
- 1) 整车质量  $m$ ，整车质量增大，不足转向量会增大；
- 2) 质心位置，质心前移，不足转向量会增大；
- 3) 轮胎气压，前轮气压降低，不足转向量会增大。

#### 6. 根据单质量系统自由振动时的衰减振动曲线，推导汽车悬架系统的阻尼比。

答：单质量系统自由振动时的位移为：

$$z = Ae^{-\zeta\omega_0 t} \sin\left(\sqrt{1-\zeta^2}\omega_0 t + \alpha\right)$$

衰减振动曲线如下：



减幅系数：

$$d = \frac{A_1}{A_2} = \frac{Ae^{-nt_1}}{Ae^{-n(t_1+T_1)}} = e^{nT_1} = e^{(\zeta\omega_0)\frac{2\pi}{\omega_r}}$$

$$= e^{\ln d} = e^{\frac{(\zeta\omega_0)\frac{2\pi}{\omega_r}}{\frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}} = e^{\frac{\omega_0}{\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

悬架系统的阻尼比:  $\zeta = \frac{1}{\sqrt{1+4\pi^2/\ln^2 d}}$

## 五、 计算题（每小题 15 分，共 30 分）

1. 一辆后轴驱动汽车的总质量 2152kg，主传动比  $i_0=4.55$ ，变速器传动比：一档：3.79，二挡：2.17，三挡：1.41，四挡：1.00，五挡：0.86。质心高度  $h_g=0.57m$ ， $C_D A=1.5 m^2$ ，轴距  $L=2.300m$ ，飞轮转动惯量  $I_f=0.22 kg \cdot m^2$ ，四个车轮总的转动惯量  $I_w=3.6 kg \cdot m^2$ ，车轮半径  $r=0.367m$ 。该车在附着系数  $\varphi=0.6$  的路面上低速滑行试验数据的拟合直线为， $u_a=19.76-0.59T$ （ $u_a$  的单位为 km/h， $T$  的单位为 s）。直接挡加速试验中，直接挡最大加速度  $a_{max}=0.75m/s^2$ （ $u_a=50km/h$ ）。设各挡传动效率均为 0.90，求：

- 1) 汽车在该路面上的滚动阻力系数。
- 2) 求直接挡的最大动力因素。

解：1) 由汽车行驶方程式：

$$F_t = F_f + F_w + F_i + F_j$$

低速滑行时， $F_w \approx 0$        $F_i = 0$        $F_t = 0$

此时： $F_j = -F_f$

$$\text{滑行时， } \delta = 1 + \frac{1}{m} \frac{\sum I_w}{r^2} = 1 + \frac{1}{2152} \times \frac{3.6}{0.367^2} = 1.0124$$

由低速滑行曲线拟合直线公式可得：

$$f = -\frac{\delta du}{gdt} = -\frac{\delta d(19.76 - 0.59T)}{3.6gdt} = 0.017$$

- 2) 直接挡加速时， $i_g=1$ ， $i=0$ ，      <四档>

汽车加速时质量换算系数  $\delta$ ：

$$\delta = 1 + \frac{1}{m} \frac{\sum I_w}{r^2} + \frac{1}{m} \frac{I_f i_g^2 i_0^2 \eta_T}{r^2}$$



代入数据得:  $\delta = 1.0266$

再由动力特性方程:

$$D = f + i + \frac{\delta du}{gdt}$$

所以:  $D_{0\max} = f + i + \frac{\delta}{g} \left( \frac{du}{dt} \right)_{\max}$

$$D_{0\max} = 0.017 + \frac{1.0266}{9.8} \times 0.75 = 0.095$$

2. 某汽车的质量  $m=1600\text{kg}$ ,  $a=1.45\text{m}$ ,  $b=1.25\text{m}$ ,  $h_g=0.63\text{m}$ ,  $\beta=0.65$ , 当在  $\varphi=0.6$  的路面上, 以  $50\text{ km/h}$  的初速度紧急制动时, 制动系统反应时间  $\tau_2' = 0.02\text{s}$ , 制动减速度上升时间  $\tau_2'' = 0.02\text{s}$ , 求:

- 1) 汽车的同步附着系数;
- 2) 车轮不抱死的制动距离。

解: 1) 同步附着系数  $\varphi_0$

$$\varphi_0 = \frac{L\beta - b}{h_g} = \frac{2.7 \times 0.65 - 1.25}{0.63} = 0.80$$

- 2)  $\because \varphi=0.6 < \varphi_0=0.80$

$\therefore$  制动时前轮先抱死, 制动效率:

$$E_f = \frac{z}{\varphi_f} = \frac{b/L}{\beta - \varphi_f h_g / L} = \frac{1.25}{2.7 \times 0.65 - 0.6 \times 0.63} = 0.91$$

制动减速度为:  $j = zg = 0.91g$

制动距离为:

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{3.6} \left( \tau_2' + \frac{\tau_2''}{2} \right) u_{a0} + \frac{u_{a0}^2}{25.92j} \\ &= \frac{1}{3.6} \left( 0.02 + \frac{0.02}{2} \right) \times 50 + \frac{50^2}{25.92 \times 0.91 \times 9.8} \\ &= 11.2(m) \end{aligned}$$