

# 广东工业大学

2010 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目(代码)名称: (805) 汽车理论

满分 150 分

使用专业: 车辆工程

(考生注意: 试卷封面需填写自己的准考证号, 答完后连同本试题一并交回!)

## 一、填空题 30 分 (每空格 1 分)

- 1、汽车的加速性能在理论分析中用 加速度 来评定, 而在实际试验中常用 0-100km/h 加速时间 和 1/4 英里加速时间 两种方法。
- 2、空气阻力包括 压力阻力 和 摩擦阻力 两大部分。
- 3、多工况循环试验一般有 等速行驶、加速、减速、怠速停车 四个阶段组成。
- 4、确定最大传动比时, 要考虑 最大爬坡度、附着率 及汽车 最低稳定车速 三方面的问题。
- 5、制动后, 从留在路面上的印痕看, 可把制动过程分为 制动开始、制动过程、制动结束 三个阶段。
- 6、汽车制动全过程由 制动开始、制动过程、制动结束、制动恢复 四个阶段构成。
- 7、汽车制动距离随制动初速度的 提高、三重的增加、和附着系数的 减小 而增长。
- 8、ISO2631 给出的人体对振动反应的三种感觉界限是 暴露界限、轻度不适界限、重度不适界限。
- 9、汽车的稳态转向特性可分为 不足转向、过度转向、中性转向 三大类。

## 二、名词解释 30 分 (每小题 5 分)

- 1、后备功率: 汽车在良好平直路面以等速行驶时, 此时发动机功率为  $P_{10}$ , 发动机功率克服滚动阻力功率后, 剩余的功率  $P_R = P_{10} - P_{10}$  被称为后备功率。
- 2、转向灵敏度: 当侧偏角不超过  $5^\circ$  时,  $F_y$  侧偏力与侧偏角  $\alpha$  成正比, 其比例系数  $K_y$  称为侧偏刚度。
- 3、侧偏刚度: 当侧偏角不超过  $5^\circ$  时,  $F_y$  侧偏力与侧偏角  $\alpha$  成正比, 其比例系数  $K_y$  称为侧偏刚度。
- 4、特征车速: 汽车不足转向时,  $K > 0$ , 当车速为  $u_{ch} = \sqrt{K}$  时, 汽车转向特性与侧偏角无关, 此时车速称为特征车速。
- 5、1/3 倍频分别评价法: 在某一车速下, 在路面下的动力压力等于垂直载荷  $F_z$  时, 此时车速称为特征车速。
- 6、滑水现象: 在某一车速下, 在路面下的动力压力等于垂直载荷  $F_z$  时, 此时车速称为特征车速。

- 2、转向灵敏度: 汽车等速行驶时, 在前轮角输入  $\delta$  进入时, 稳态响应就是等速圆周行驶, 常用输出与输入之比, 如 稳态侧偏角、横摆角速度与前轮转角之比 来评价稳态响应, 这个比值称为 稳态横摆角速度增益, 也称为 转向灵敏度。
- 3、汽车正常行驶时, 侧向加速度不超过  $0.4g$ , 侧偏角不超过  $4^\circ-5^\circ$ , 可以认为侧偏刚度与侧偏力成线性关系,  $F_y-\alpha$  曲线在  $\alpha=0$  处的斜率称为侧偏刚度。



## 二、名词解释:

### 1. 后备功率: 10.

汽车在良好平直的路面上以等速行驶, 此时阻力功率为  $P_f$ , 发动机功率克服常阻力功率, 剩余的功率  $P_s = P_e - P_f$  (即  $P_{H0}$ ), 该剩余的功率  $P_s$  被称为后备功率。

### 2. 转向灵敏度: 10. 09.

汽车等速行驶时, 在前轮角阶跃输入下进入的稳态响应就是等速圆周行驶, 常用车辆输出与输入的比值, 如稳态的横摆角速度与前轮转角之比来评价稳态响应, 这个比值称为稳态横摆角速度增益, 也称为转向灵敏度。

### 3. 侧偏刚度: 10.

汽车正常行驶时, 侧向加速度不超过  $0.4g$ , 侧偏角不超过  $4^\circ-5^\circ$ , 可以认为侧偏角与侧偏力成线性关系, 侧偏力  $F_y - \alpha$  曲线在  $\alpha \neq 0$  处自斜率称为侧偏刚度。

### 4. 特征车速: 10. 09.

不足转向汽车, 当车速为  $u_k = \sqrt{rK}$  时, 汽车稳态横摆角速度增益达到最大值,  $u_k$  称为特征车速。

### 5. 三倍频带分别评价法: 10. 09.

加权加速度均方根值分量  $G_{pwi}$  反映了人体对三倍频带振动强度的感觉, 三倍频带分别评价法的评价指标就是  $G_{pwi}$  中的最大值  $(G_{pwi})_{max}$ 。此法认为, 当有多个频带的振动能量作用于人体时, 各频带的作用无明显联系, 对人体的影响主要是由单个影响最突出的频带所造成。

### 6. 滑水现象: 10. 09.

高速行驶的汽车经过有积水层的路面, 当在某车速下, 在胎面下的动水压力的升力等于重直载荷时, 轮胎将完全漂浮在水膜上面而与路面毫无接触, 这就是滑水现象。

### 7. 动力因数: 09.

由汽车行驶方程式可导出  $D = \frac{F_t - F_w}{G} = \frac{F_t + F_f}{G} + \frac{8m}{G} \frac{du}{dt} = (1 + f) + \frac{8}{g} \frac{du}{dt} = \psi + \frac{8}{g} \frac{du}{dt}$ , 则  $D$  被定

义为汽车动力因数。

### 8. 弹性轮胎的侧偏现象: 09.

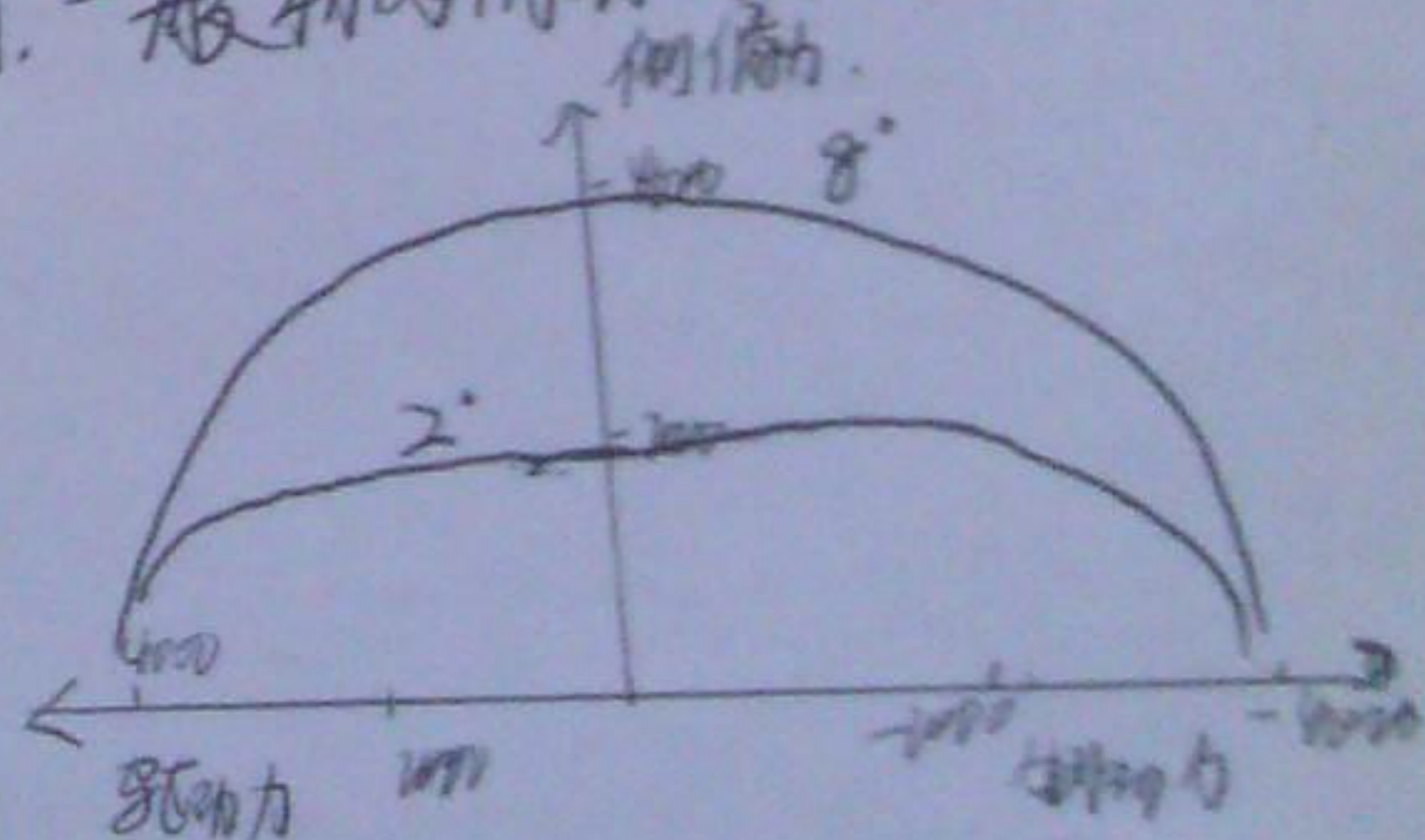
汽车行驶时, 车轮有侧向弹性, 即使侧偏力  $F_y$  没有达到附着极限, 车轮行驶方向亦将偏离车轮平面  $CC$ , 这就是轮胎的侧偏现象。

### 9. 附着椭圆:

汽车运动时, 在轮胎上常同时作用有侧向力和切向力, 一些试验结果曲线表明, 一定侧偏角下, 驱动力增加时, 侧偏力逐渐有所减小, 当驱动力相当大时, 侧偏力显著下降, 因为此时接近附着极限, 切向力已耗去大部分附着力, 而侧向能利用的附着力很少, 作用有制动力时, 侧偏力也有相似变化, 由图看出, 这组曲线所包络线接近一椭圆, 一般称为附着椭圆。

预测:

回正力矩: 轮胎拖距。





### 三、分析、问答：

2. 请分析如何选择传动系挡数。 10. 0.9.

6. 请分析有哪几种方式可以判断或者表征汽车角阶跃输入的稳态转向特性。

答：表征汽车角阶跃输入的稳态转向特性方式有：

- (1). 横摆角速度增益  $\frac{\dot{\psi}}{\delta_s} = \frac{u/l}{1 + \frac{m}{L}(\frac{a_1}{b_1} - \frac{a_2}{b_2})u^2} = \frac{u/l}{1 + Ku^2}$
- (2). 稳定因数  $K$ 。当  $K=0$  时为中性转向。  $K>0$  时为不足转向。  $K<0$  时为过多转向。
- (3). 前后轮侧偏角绝对值之差  $(\alpha_1 - \alpha_2)$ 。  $\alpha_1 - \alpha_2 > 0$  为不足转向。  $\alpha_1 - \alpha_2 = 0$  为中性转向。  $\alpha_1 - \alpha_2 < 0$  为过多转向。
- (4). 转向半径之比  $R/R_0$ 。  $R/R_0 = 1$  为中性转向。  $R/R_0 > 1$  为不足转向。  $R/R_0 < 1$  为过多转向。
- (5). 静态储备系数  $S.M.$ 。  $S.M.$  为正值，为不足转向。  $S.M. = 0$  为中性转向。  $S.M.$  为负值，为过多转向。

3. 请作图分析地面制动力、制动器制动力和附着力的关系。 0.9.

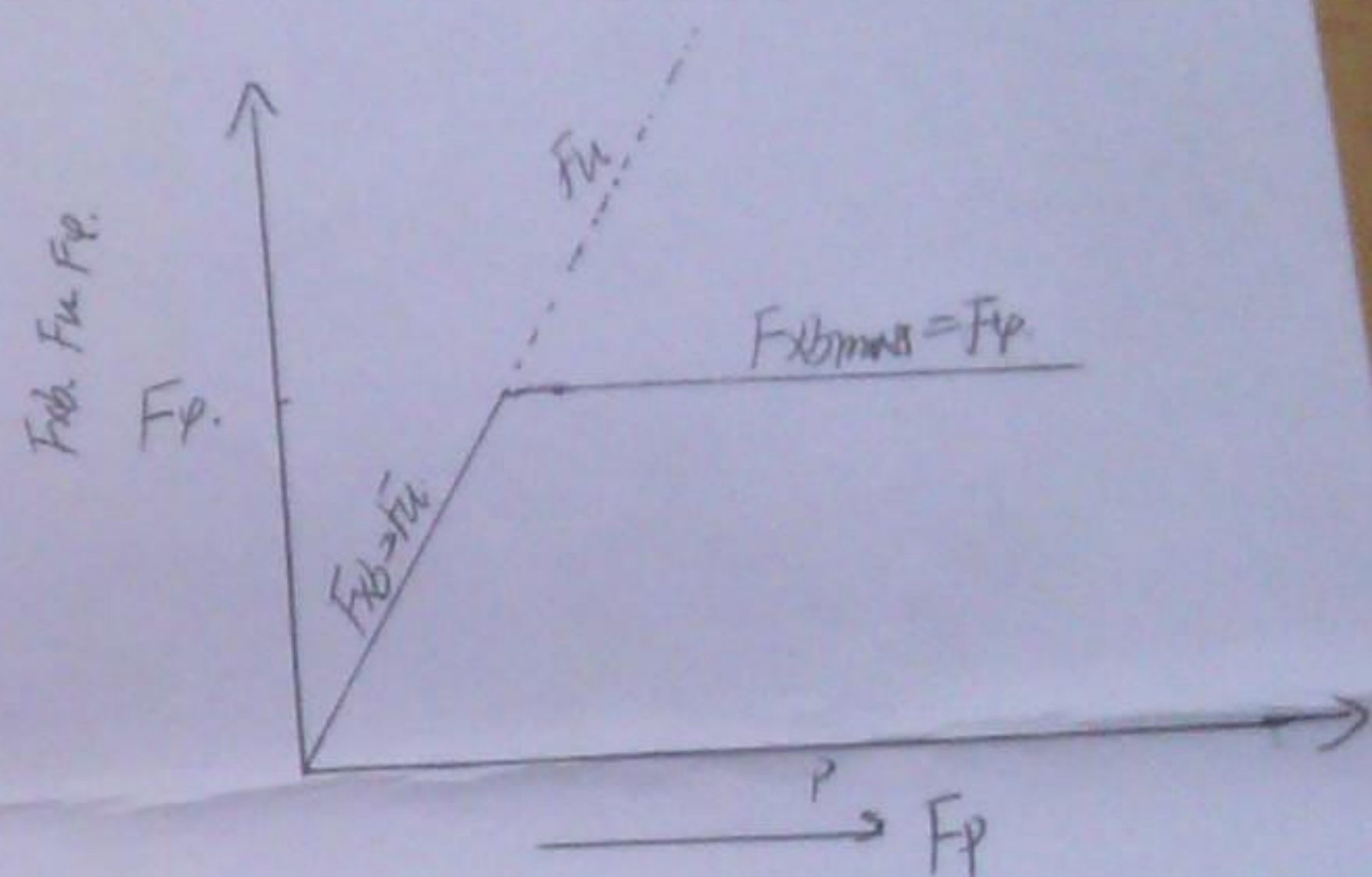
答：制动时，若只考虑车轮的运动为滚动与抱死拖滑两种情况。

①. 当踏板力较小时，制动器间隙尚未消除，所以制动器制动力  $F_b = 0$ ，若忽略其它阻力，地面制动力  $F_{xb} = 0$ ，当  $F_{xb} \leq F_p$ ， $F_p$  为地面附着力， $F_{xb} = F_u$

②. 当  $F_{xbmax} = F_p$  时， $F_{xb} = F_u$ ，且地面制动力  $F_{xb}$  达到最大值  $F_{xbmax}$ 。

即  $F_{xbmax} = F_p$ 。

③. 当  $F_u > F_p$  时， $F_{xb} = F_p$ ， $F_{xb}$  随着  $F_u$  的增加而不再增加。



4.

1. 列出可用于计算汽车最高车速的方法，并加以说明。 0.8分.

答：①. 驱动力-行驶阻力平衡图法，即使驱动力与行驶阻力平衡

$F_t - (F_f + F_w) = 0$  时的车速为最高车速  $u_{max}$ 。

②. 功率平衡图法，即使发动机功率曲线 (V挡) 与阻力功率曲线

相交点处对应的车速便是在良好水平路面上汽车的最高车速  $u_{max}$ ； $P_e - (P_f + P_w) / \eta_T = 0$ 。

③. 动力特性图， $T$  线与直接挡  $D-u_a$  曲线交点  $D_0 - T_f = 0$ ， $P_p$

为汽车的最高车速  $u_{max}$ 。

①  $P_e = \frac{F_{t0} \cdot u}{9550}$

② 等速行驶单位时间内的燃油消耗量为  $Q_t = \frac{P_{eb}}{367.1 \text{ kg}}$   
 行驶  $S$  (m) 行程的燃油消耗量 (mL) 为  $Q = \frac{P_{eb} S}{1020 \text{ kg}}$   
 等速行驶百公里燃油消耗量 (L/100km)  $Q_s = \frac{P_{eb}}{102 \text{ kg}}$



- 1、请作图并描述发动机特性中的功率与转速曲线。
- 2、请分析如何选择传动系挡数。
- 3、请作图分析汽车的制动过程。
- 4、请用  $\beta$  线和  $I$  线画图分析制动过程，并用解析法确定  $\varphi_0$ 。
- 5、请作图分析瞬态转向的特点。
- 6、请分析有哪几种方式可以判断或者表征汽车角阶跃输入稳态转向特性。

#### 四、计算题 30 分 (每小题 10 分)

- 1、一汽车以  $V_0 = 40 \text{ km/h}$  等速在平路上行驶，计算它的百公里油耗量。  
有关数据： $m = 4 \text{ t}$ ， $b = 300 \text{ g/kW}\cdot\text{h}$ ， $\eta_T = 0.85$ ， $f = 0.015$ ， $C_D A = 2.77 \text{ m}^2$ ， $\rho_g = 7 \text{ N/L}$ 。
- 2、解放 CA1150PK2L3T1 双后桥载货汽车设计核定装载质量为 9000 kg，整备质量为 9000 kg，在水平良好路面  $\varphi_s = 0.75 \sim 0.85$ ，实施紧急制动时恰好前后轮同时抱死，试近似计算此时汽车的制动力和减速度。
- 3、某汽车质心距前轴距离  $a = 1.1 \text{ m}$ ，质心高度  $h_g = 0.5 \text{ m}$ ，轴距  $L = 2.4 \text{ m}$ ，制动力分配  $F_{\text{后轴制动力}}/F_{\text{总制动力}} = 0.3$ ，试求：

(1) 同步附着系数；

(2) 在  $\varphi = 0.4$  的路面上不出现车轮抱死可达到的最大制动强度。

$$(3) 1) \varphi_0 = \frac{2\beta - b}{h_g} = \frac{2.4 \times 0.7 - 1.3}{0.5} = 0.76$$

b) 因  $\varphi = 0.4 < \varphi_0$ ，故如果抱死，则前轮先抱死。  
而前轴的制动效率  $\xi_f = \frac{bL}{\beta - \varphi h_g/2} \Rightarrow \xi = 0.358$ 。

所以最大制动强度  $\xi = 0.358$ 。

$$(1) \text{解: } P_e = \frac{1}{\eta_T} \left( \frac{G f U_0}{3600} + \frac{C_D A U_0^3}{76140} \right) = \frac{1}{0.85} \left( \frac{4 \times 10^4 \times 0.015 \times 40}{3600} + \frac{2.77 \times 40^3}{76140} \right) \approx 9.54 \text{ kW}$$

$$Q_s = \frac{P_e b}{1.02 U_0 \rho_g} = \frac{9.54 \times 300}{1.02 \times 40 \times 7} \approx 10.2$$

(2) 解:

$$\text{3解: 同步附着系数 } \varphi_0 = \frac{2\beta - b}{h_g}$$

$$1 - \beta = 0.3 \Rightarrow \beta = 0.7$$

$$\varphi_0 = \frac{2.4 \times 0.7 - 1.3}{0.5} = 0.76$$

$\beta$  为制动器制动力分配系数

$$\beta = \frac{\text{前制动器制动力}}{\text{总制动器制动力}} = \frac{F_{u1}}{F_u}$$

$h_g$  质心高度。

$L$  轴距。

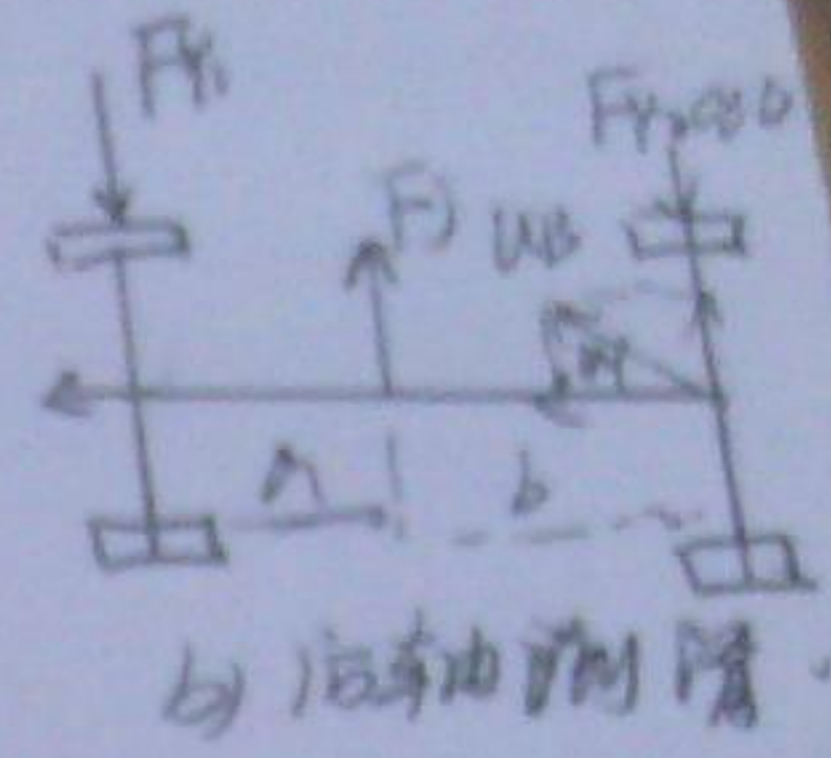
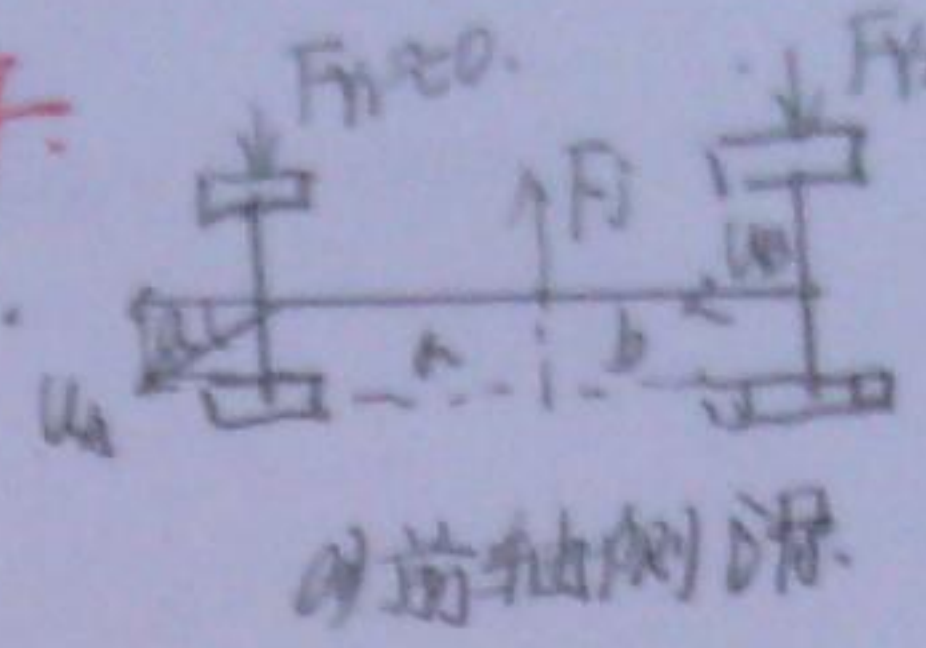
$a(b)$  质心距前(后)距离。



因为  $K = \frac{20100}{9.81 \times 3.2^2} \left( \frac{0.45 \times 3.2}{-38300} - \frac{0.55 \times 3.2}{-38920} \right) = 0.046$  , 所以汽车为不足转向特性.

特征车速  $u_{ch} = \sqrt{\frac{1}{K}} = 8.0 \text{ m/s} = 28.8 \text{ km/h}$

05年, 06年, 05年.  
作图分析前轮或后轮抱死对制动方向稳定性的影响.



答: 受力分析如右图所示, 根据刚体平面运动微分方程.

有:  $F_{y1} + F_{y2} + F_j = 0$ . 即地面侧向反力与侧向惯性力  $F_j$  平衡.

$(F_{y1}a - F_{y2}b) + M_j = 0$ . 即地面侧向反力对质心的力矩与侧向惯性力矩平衡.

当汽车制动前轮抱死, 后轮滚动时,  $F_{y1}$  很小, 后轮侧向反作用力  $F_{y2}$  对质心的矩  $F_{y2}b$ , 使汽车侧滑速度减小, 汽车趋于恢复直线行驶而处于稳定状态.

当汽车制动后轮抱死, 前轮滚动时,  $F_{y2}$  很小, 前轮地面侧向反作用力  $F_{y1}$  对质心的矩增大了汽车的角加速度, 汽车在一定条件下可能出现难以控制的急剧转动, 所以后轴侧滑是一种不稳定, 危险工况.

同步附着系数说明: 前后制动器为固定比值的汽车, 只有在一种附着系数, 即同步附着系数路面上才能使用, 后车轮同时抱死.

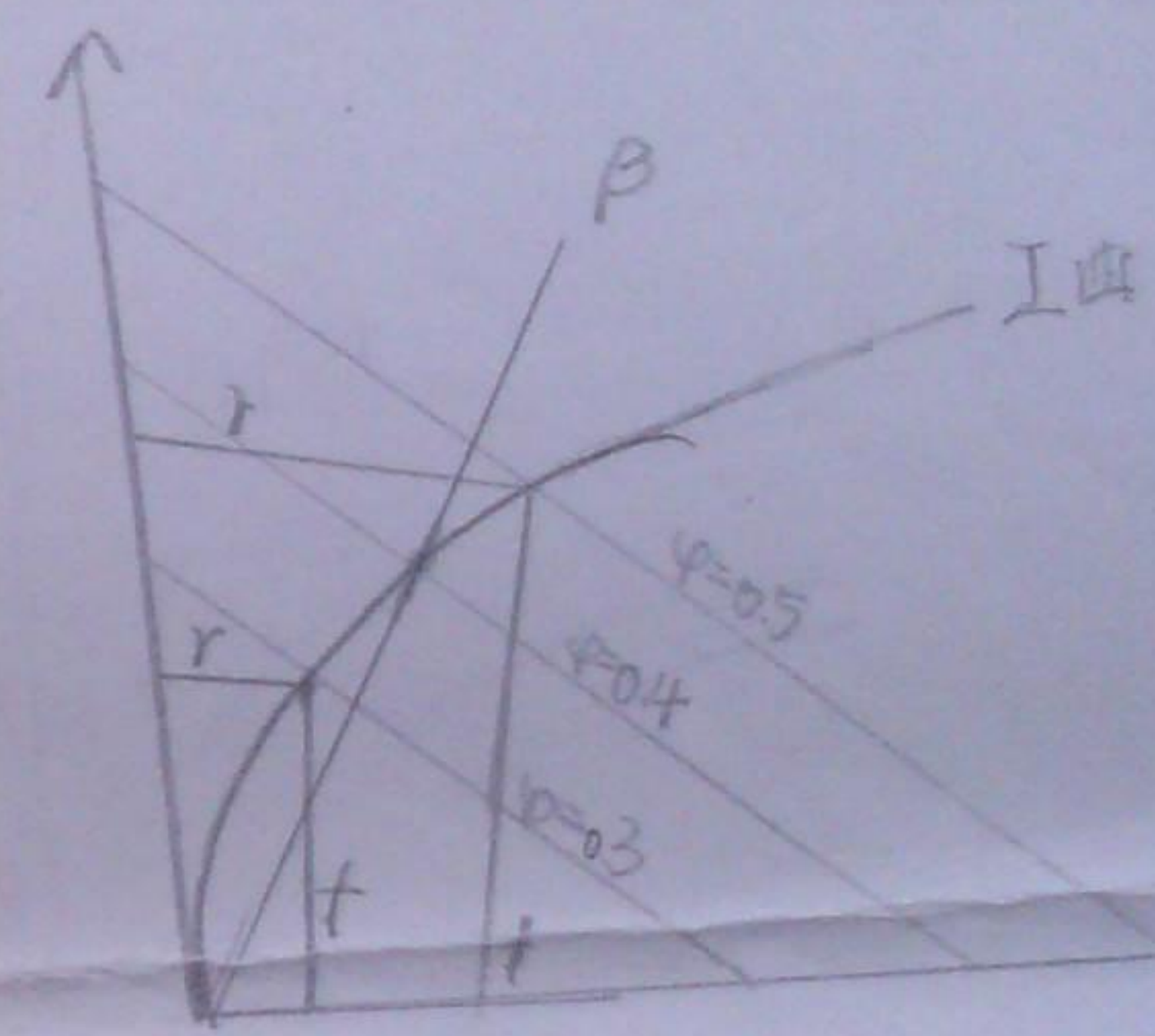
回正力矩: 在轮胎发生侧偏时, 会产生作用于轮胎绕轮胎平面坐标系  $Ox$  轴的力矩  $T_z$ . 圆周行驶时,  $T_z$  是使转向车轮恢复到直线行驶位置的主要恢复力矩之一.

轮胎拖距: 轮胎发生侧偏时, 地面微元侧向反作用力的分布与变形成正比. 侧偏力合力  $F_y$  的作用点必然在接地印迹几何中心的后方, 偏移某距离  $e$ .  $e$  即为轮胎拖距.



2. 请分析如何选择传动系挡数. 10年. 10年. 09年.  
答: 就动力性而言, 挡位数多, 增加了发动机发挥最大功率附近高功率的机会, 提高了汽车的加速和爬坡能力. 就燃油经济性而言, 挡位数多, 增加发动机在低燃油消耗区工作的可能性, 降低了油耗. 所以增加挡位数会改善汽车的动力性和燃油经济性. 挡数多少还影响到相邻挡之间的传动比比值. 比值过大会使换挡困难. 因此, 最大传动比与最小传动比之比值越大, 挡位数应增多. 但在变速器中, 挡位数超过五个会使结构大为复杂.

4. 请用β线和I线画图分析制动过程. 并用解析法确定φ<sub>0</sub>. 10年. 09年.  
答: 解析法确定φ<sub>0</sub>: 对汽车在水平路面上制动时的受力进行分析. F<sub>z1</sub>, F<sub>z2</sub>分别为前轴和后轴的法向作用力. 对后轮接地点取矩得: F<sub>z1</sub>L = Gb + m a h<sub>g</sub>. 对前轮接地点取矩得: F<sub>z2</sub>L = Ga - m a h<sub>g</sub>. 得  $\frac{F_{z1}}{F_{z2}} = \frac{b + \varphi h_g}{a - \varphi h_g}$ . 设汽车在同步附着系数路面上制动, 此时前、后轮同时抱死且前、后轮制动器制动力分别等于各自的附着力. 则有  $\frac{F_{u1}}{F_{u2}} = \frac{F_{z1}}{F_{z2}} = \frac{b + \varphi h_g}{a - \varphi h_g} = \frac{\beta}{1 - \beta} = \frac{F_{u1}}{F_{u2}}$ . β为制动器制动力分配系数.  $\beta = \frac{F_{u1}}{F_{u1} + F_{u2}}$ . 整理得同步附着系数  $\varphi_0 = \frac{2\beta - b}{h_g}$ . L = a + b. 为轴距.



制动过程的分析: 如右图所示. 同步附着系数φ<sub>0</sub> = 0.4.  
1). 当φ < φ<sub>0</sub> 时. 设φ = 0.3. 制动开始时, 前后制动器制动力F<sub>u1</sub>, F<sub>u2</sub>和地面制动力F<sub>z1</sub>, F<sub>z2</sub>均按β线上升. 到β线与φ = 0.3的r线相交点时. 前轮抱死. 继续制动, 则F<sub>u1</sub>, F<sub>u2</sub>沿r线变化. F<sub>u1</sub>不再等于F<sub>u2</sub>. 而F<sub>z1</sub>, F<sub>z2</sub>沿β线上升. F<sub>z2</sub>仍等于F<sub>u2</sub>. 直至到A点, 前后轮同时抱死.  
2). 当φ > φ<sub>0</sub> 时. 设φ = 0.5. 制动开始时, 同样, F<sub>u1</sub>, F<sub>u2</sub>, F<sub>z1</sub>, F<sub>z2</sub>均沿β线上升. 到B点时. β线与φ = 0.5的r线相交. 后轮抱死. 继续制动. 由于后轮法向反作用力减少. F<sub>z2</sub>沿r线稍有下降. F<sub>u1</sub>, F<sub>u2</sub>沿r线变化. 至终有F<sub>u1</sub> = F<sub>u2</sub>. 至B'点时. 前后轮同时抱死. 减速度为0.5g.  
3). φ = φ<sub>0</sub> 时. 在制动时汽车的前、后轮将同时抱死.

1. 请作图并分析驱动轮在硬路面上滚动时的受力. 09年.  
答: 右图是驱动轮在硬路面上等速滚动时的受力图. 图中F<sub>t</sub>为驱动力矩T<sub>t</sub>所引起的道路对车轮的切向反作用力. F<sub>r</sub>为驱动轴作用于车轮的水平力. 法向反作用力F<sub>z</sub>也由于轮胎迟滞现象而使其作用点向前移了一个距离. 即在驱动轮上也作用有滚动阻力偶矩T<sub>r</sub>.  
平衡条件得: F<sub>r</sub>r = T<sub>t</sub> - T<sub>r</sub>.  $F_r = \frac{T_t}{r} - \frac{T_r}{r} = F_t - F_f$ .

