

# 汽车理论



习题集

主 编：张 红  
夏群生  
责任编辑：赵爱宁



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 目录

第 1 章 汽车动力性 .....	1
第 2 章 汽车的燃油经济性 .....	9
第 3 章 汽车动力装置参数的选择 .....	12
第 4 章 汽车的制动性 .....	13
第 5 章 汽车的操纵稳定性 .....	19
第 6 章 汽车平顺性 .....	25
第 7 章 汽车的通过性 .....	28
综合题 .....	29

## 第 1 章 汽车动力性

- 1.1 简述汽车动力性及其评价指标。
- 1.2 汽车行驶阻力是怎样形成的？
- 1.3 试说明轮胎滚动阻力的定义、产生机理和作用形式。
- 1.4 滚动阻力系数与哪些因素有关？
- 1.5 汽车的滚动阻力可以分为哪几种？
- 1.6 能否在汽车受力分析图上画出滚动阻力，为什么？

1.7 某轿车总质量  $m=1200\text{kg}$ ，前轮载荷占整车载荷的 60%；车轮侧向力系数  $k_a=1800\text{kg/rad}$ ，前束角  $\beta=2^\circ$ ，该轿车两前轮互置前束角  $\beta$  后产生相应行驶阻力  $F_V$ ，如图 1-1 所示。

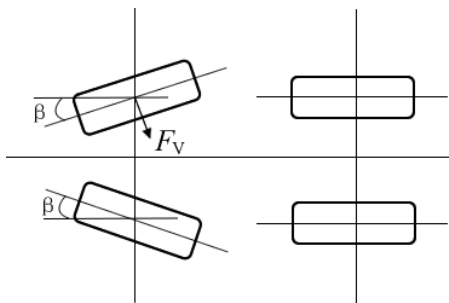


图1-1 轿车前轮前束

(1) 设轿车前进时侧向力与前束角的关系为  $F_V=k_a\beta$ ，试求因前束引起的行驶阻力；

(2) 若该轿车滚动阻力系数  $f=0.015$ ，试求整车的滚动阻力  $F_f$ ；

(3) 试比较前束引起的行驶阻力与滚动阻力。

1.8 转弯时滚动阻力的大小取决于行驶速度和转向半径  $R$ ，转弯时的滚动阻力系数  $f_R=f+\Delta f$ 。设转弯时在离心力  $F_C$  作用下，前、后轮均有侧偏角，分别是  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$ ，质心距前、后轮的距离分别是  $l_a$  和  $l_b$ ，转向时用两轮模型分析侧向力引起的滚动阻力如图 1-2 所示。

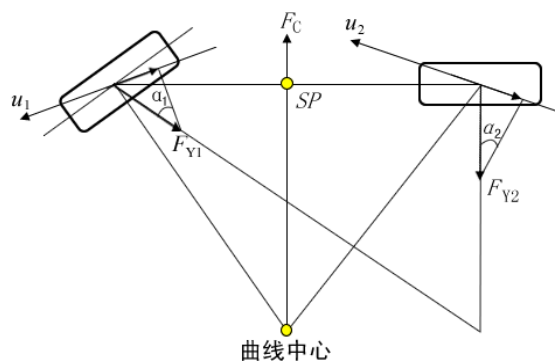


图1-2 转弯时的滚动阻力

示。试推导出附加滚动阻力系数  $\Delta f = \frac{\Delta F}{W} = \frac{u^2}{gRL} (l_b \sin \alpha_1 + l_a \sin \alpha_2)$  的表达式（提示：先求出由  $F_{Y1}$  和  $F_{Y2}$  所引起的附加阻力  $\Delta F$ ）。

1.9 用受力图分析汽车从动轮在平路加速或减速行驶时的受力情况，并推导切向力方程式。

1.10 用受力图分析汽车驱动轮在平路加速或减速行驶时的受力情况，并推



导切向力方程式。

**1.11** 解释汽车加速行驶时质量换算系数的意义。汽车旋转质量换算系数由哪几部分组成？与哪些因素有关？

**1.12** 汽车轮胎半径增大，其他参数不变时，对汽车的加速性能和爬坡性能有何影响？说明理由。

**1.13** 如果轮胎使用不当，高速行驶时汽车的轮胎可能会发生爆裂，试简述轮胎出现了什么现象，并说明原因，如何有效避免轮胎发生爆胎。

**1.14** 汽车的最高行驶车速对应于发动机的最高转速，这种说法对吗？为什么？

**1.15\***<sup>1</sup> 一辆车重为 320000N 的重型货车以 108km/h 的速度在公路上行驶，空气温度 24°C，大气压强 101kPa。货车宽 2440mm，高 4118mm，空气阻力系数为 0.65。货车安装子午线型轮胎，计算这些条件下的空气阻力和克服空气阻力所需的发动机功率，计算滚动阻力和克服滚动阻力所需的发动机功率。

**1.16\*** 一辆具有 1.95m<sup>2</sup> 前端面积和空气阻力系数为 0.42 的轿车，以 90km/h 速度行驶，如果车辆遇到 40km/h 速度的顺风或者逆风，计算顺风、逆风两种条件下的空气阻力和克服空气阻力所需要的发动机功率。

**1.17** 驱动力是否为真正作用在汽车上驱动汽车前进的（反）作用力，请说明理由。

**1.18** 汽车用户说明书上给出的最高车速是如何确定的？

**1.19** 如何确定汽车样车的最高车速？在汽车设计和改装车设计阶段如何确定汽车最高车速？

**1.20** 用作图法或数值计算法确定的汽车最高车速是一个固定值，而汽车（例如样车）的最高车速却是一个平均值，为什么？

**1.21** 汽车空车与满载时相比，动力性有无变化？为什么？

**1.22** 超车时该不该换入低一档的排挡？为什么？

**1.23** 影响附着系数的因素有哪些？

**1.24\*** 已知某轿车发动机的转动惯量为 0.09kg·m<sup>2</sup>，发动机的最大转矩/转速为 272.8 N·m/4400r·min<sup>-1</sup>；变速器的相关数据如表 1-1 所示。

<sup>1</sup> 带\*的题目均改编自（美）Thomas D. Gillespie 著. 车辆动力学基础. 赵六奇，金达锋，译. 北京：清华大学出版社，2006.

表 1-1 某轿车变速器的数据

挡位	1	2	3	4	5
转动惯量/(kg·m <sup>2</sup> )	0.15	0.10	0.08	0.06	0.03
传动比	4.28	2.79	1.83	1.36	1.00
传动效率	0.966	0.967	0.972	0.973	0.970

主减速器的转动惯量 0.136kg·m<sup>2</sup>，传动比 2.92，传动效率 0.99；驱动轮和从动轮的转动惯量均为 1.24 kg·m<sup>2</sup>，车轮的周长 2.01m；半径 0.32m。

(1) 计算传动系统在挂 1 挡时的有效转动惯量；

(2) 忽略转动惯量带来的损失，试计算该轿车 1 挡和 5 挡的最大驱动力和对应的最高车速。

**1.25** 沥青或水泥路面经使用后，滚动阻力系数增加而附着系数下降，请说明其原因。

**1.26** 分析驱动—附着条件公式的地面法向反作用力与道路条件的关系。

**1.27** 说明小排量轿车、豪华轿车、商用车（载货汽车、大客车）、越野汽车采取何种驱动形式，并说明原因。

**1.28** 利用驱动—附着条件原理分析汽车不同驱动形式的适用条件。

**1.29** 汽车的驱动—附着条件为  $F_f + F_w + F_j \leq F_t \leq F_\phi$ ，其中  $F_\phi = \phi F_z$ 。已知汽车（转弯或侧偏）行驶过程中驱动轴左右车轮的地面法向反作用力分别为  $F_{z_l}$  和  $F_{z_r}$ ，且  $F_{z_l} < F_{z_r}$ ，此时公式  $F_{t\max}(v) = \phi(F_{z_l} + F_{z_r})$  是否成立，并说明原因。

**1.30\*** 试计算某后轮驱动轿车在中等摩擦路面上因附着条件限制的加速度，分别考虑差速器能够锁止和不能锁止两种情况，已知条件如表 1-2 所示。

表 1-2 某轿车的基本参数

参数	参数值	参数	参数值
总重量/N	17578	附着系数	0.62
前轴载荷/N	9345	主减速器传动比	2.90
后轴载荷/N	8233	轮胎半径/m	0.33
质心高/mm	533	前悬架侧倾刚度/[N·m(°) <sup>-1</sup> ]	1560
轴距/mm	2743	前悬架侧倾刚度/[N·m(°) <sup>-1</sup> ]	380
轮距/mm	1499		

1.31\* 试计算某前轮驱动车辆由于附着条件限制的加速性能，该轿车的参数如表 1-3 所示。

表 1-3 某轿车的基本参数

参数	参数值	参数	参数值
总重量/N	13795	附着系数	0.62
前轴载荷/N	8678	主减速器传动比	3.70
后轴载荷/N	5117	轮胎半径/m	0.32
质心高/mm	483	前悬架侧倾刚度/[N·m·(°) <sup>-1</sup> ]	130
轴距/mm	2667	前悬架侧倾刚度/[N·m·(°) <sup>-1</sup> ]	84
轮距/mm	1524		

1.32 试用汽车的动力特性图来分析汽车的动力性能。

1.33 画出具有四挡变速器汽车的动力特性图和驱动力—行驶阻力平衡图，说明它们有什么共同点和不同点。

1.34 画图说明什么是汽车的后备功率？写出汽车的后备功率的表达式并解释之。

1.35 汽车的后备功率对汽车的动力性和燃油经济性有何影响？

1.36 已知某汽车的总质量  $m=4600\text{kg}$ ， $C_D=0.75$ ， $A=4\text{m}^2$ ，旋转质量换算系数  $\delta=1.35$ ，坡度角  $\alpha=5^\circ$ ， $f=0.015$ ，传动系效率  $\eta_T=0.85$ ，加速度  $\frac{du}{dt}=0.2\text{ m/s}^2$ ， $u_a=30\text{km/h}$ ，此时克服各种阻力需要的发动机输出功率是多少？

1.37 已知某轻型货车的汽油发动机使用外特性的  $T_{\text{tq}}-n$  曲线的拟合公式为

$$T_{\text{tq}} = -19.313 + 295.27\left(\frac{n}{1000}\right) - 165.44\left(\frac{n}{1000}\right)^2 + 40.874\left(\frac{n}{1000}\right)^3 - 3.8445\left(\frac{n}{1000}\right)^4$$

式中， $T_{\text{tq}}$  为发动机转矩 (N·m)； $n$  为发动机转速 (r/min)。

该车的其他基本参数如表 1-4 所示。

表 1-4 某轻型货车的基本参数

参数	参数值	参数	参数值
装载质量/kg	2000	飞轮转动惯量 $I_f/(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$	0.218
整车整备质量/kg	1800	二前轮转动惯量 $I_{W1}/(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$	1.798



总质量/kg	3880	四后轮转动惯量 $I_{W2}/(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$	3.598
车轮半径/m	0.367	变速器	4 挡/5 挡
传动系机械效率 $\eta_t$	0.85	轴距 $L/\text{m}$	3.2
滚动阻力系数 $f$	0.013	质心距前轴距离 (满载) $a/\text{m}$	1.947
空气阻力系数 $\times$ 迎风面积/ $\text{m}^2$	2.77	质心高 (满载) $h_g/\text{m}$	0.9
主减速器传动比 $i_0$	5.83		

变速器 (4 挡和 5 挡) 的传动比如表 1-5 所示。

表 1-5 变速器传动比

	1 挡	2 挡	3 挡	4 挡	5 挡
四挡变速器	6.09	3.09	1.71	1.00	—
五挡变速器	5.56	2.769	1.644	1.0	0.793

确定该轻型货车的动力性能 (货车可装用 4 挡或 5 挡变速器, 任选其中的一种进行整车性能计算)。

- 1) 绘制汽车驱动力—行驶阻力平衡图;
- 2) 求汽车最高车速、最大爬坡度及克服该坡度时相应的附着率;
- 3) 绘制汽车行驶加速度倒数曲线, 用图解积分法求汽车用 2 挡起步加速行驶至 70km/h 的车速—时间曲线, 求汽车用 2 挡起步加速行驶至 70km/h 的时间。

(注: 本题最好上机计算, 可以选择 Excel、VB、VC 等软件进行计算和画图)

**1.38** 统计数据表明, 装有 0.5~2L 排量发动机的轿车, 若是前置发动机前轮驱动 (F.F.) 轿车, 其平均的前轴负荷为汽车总重力的 61.5%; 若是前置发动机后轮驱动 (F.R.) 轿车, 其平均的前轴负荷为汽车总重力的 55.7%。设某轿车的轴距  $L=2.6\text{m}$ , 质心高度  $h=0.57\text{m}$ 。试比较采用 F.F.和 F.R.型式时的附着力利用情况, 分析时其前轴负荷率取相应型式的平均值。确定上述 F.F.型轿车在  $\varphi=0.2$  及 0.7 路面上的附着力, 并求由附着力所决定的极限最高车速与极限最大爬坡度及极限最大加速度 (在求最大爬坡度和最大加速度时, 可设  $F_w=0$ )。其他有关参数为:  $m=1600\text{kg}$ ,  $C_D=0.45$ ,  $A=2.00\text{m}^2$ ,  $f=0.02$ ,  $\delta=1.00$ 。

**1.39\*** 3.0L 发动机排量的金牛座 (Taurus) GL 轿车, 前轴载荷 8673N, 后

轴载荷 4882N，轴距 2692mm，质心高 508mm，假设驾驶员体重 890N，前排乘客体重 49%分配到前轴，51% 分配到后轴。该车从静止起步以  $1.83\text{m/s}^2$  的加速度爬 6%的坡度，求解此时载荷分布（即  $F_{Z1}$  和  $F_{Z2}$ ）。

**1.40\*** 一轿车的有关参数如下：总质量 1600kg，质心位置  $a=1450\text{mm}$ ， $b=1250\text{mm}$ ， $h_g=630\text{mm}$ ；发动机最大转矩  $T_{i_{q\max}}=140\text{N}\cdot\text{m}$ ；1 挡传动比  $i_1=3.85$ ；主减速器传动比  $i_0=4.08$ ；传动效率  $\eta_t=0.85$ ；车轮半径  $r=300\text{mm}$ ；飞轮转动惯量  $I_f=0.25\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ；全部车轮的转动惯量  $\sum I_w=4.5\text{kg}\cdot\text{m}^2$ （其中前轮的  $I_w=2.25\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ，后轮的  $I_w=2.25\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ）。若该轿车为前轮驱动，当地面附着系数为 0.6 时，在加速过程中发动机转矩能否充分发挥而产生应有的最大加速度？应如何调整质心在前、后方向的位置（即  $b$  值），才能保证获得应有的最大加速度。若令  $\frac{b}{L}\times 100\%$  为前轴负荷率，求原车的质心位置改变后，该车的前轴负荷率。

（解题时，为计算方便，可忽略滚动阻力与空气阻力）

**1.41\*** 如果你想买一部微型旅行车牵引你的船和拖车外出，如图 1-3 所示，在湖边度过周末。虽然你很喜欢新式的前驱动旅行车，但你不确定它是否能将你的船通过陡峭的斜坡从水中拖上来。

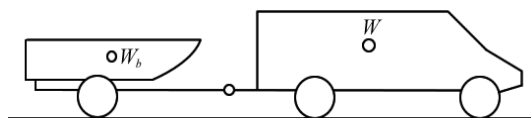


图1-3 旅行车及小船/拖车组合

车辆的参数如表 1-6 所示。

表 1-6 旅行车及小船/拖车组合后的基本参数

旅行车	参数	小船/拖车组合	参数
前轴重量/N	6764	总重/N	5340
后轴重量/N	5118	拖钩负载/N	1112
质心高度/mm	622	拖钩到拖车车轮距离/mm	2794
拖钩高度/mm	356	质心高度/mm	889
拖钩距后轮距离/mm	584		
轴距/mm	3048		

当路面附着系数为 0.3 时，分别计算出这辆车车轮没有发生滑转的情况下，前轮驱动、后轮驱动和四轮驱动三种情况下的最大爬坡度。



计算中假定纵向加速度为 0，忽略滚动阻力，并假设船已经脱离水面，因此没有浮力的作用， $\sin \theta = \theta$ ， $\cos \theta = 1$ ， $L = b + c$ （旅行车轴距）； $L_t = e + f$ （拖钩到拖车车轮的距离）， $\zeta = W_b / W$ （船和拖车与汽车的重力比）。分别以旅行车和小船/拖车为分离体分析受力。

**1.42** 一辆后轴驱动汽车的总质量为 2152kg，前轴负荷 52%，后轴负荷 48%，主减速器传动比  $i_0 = 4.55$ ，变速器各挡传动比如下：1 挡 3.79，2 挡 2.17，3 挡 1.41，4 挡 1.00，5 挡 0.86。质心高度  $h_g = 0.57\text{m}$ ， $C_D A = 1.5\text{m}^2$ ，轴距  $L = 2.300\text{m}$ ，飞轮转动惯量  $I_f = 0.22\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ，四个车轮总的转动惯量  $I_w = 3.6\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ，车轮半径  $r = 0.367\text{m}$ 。该车在附着系数  $\varphi = 0.6$  的路面上低速滑行曲线和直接挡加速曲线如图 1-4 所示。图上给出了滑行数据的拟合直线  $u = 19.76 - 0.59T$ ， $u$  的单位 km/h， $T$  的单位 s，直接挡最大加速度  $a_{\max} = 0.75\text{m/s}^2$ （ $u_a = 50\text{km/h}$ ）。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。
- 3) 在此路面上该车的最大爬坡度。

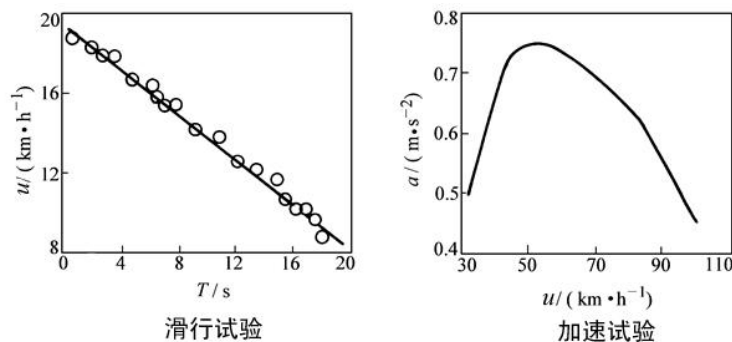


图1-4 低速滑行曲线与直接挡加速度曲线

**1.43** 某轿车设计时，预期最高车速为 165 km/h，预期满载质量  $m = 1450\text{kg}$ ，参照同类型轿车，传动系统效率  $\eta_t = 0.85$ ，滚动阻力系数  $f = 0.015$ ，空气阻力系数  $C_D = 0.35$ ，迎风面积  $A = 1.98\text{m}^2$ 。

- (1) 预选发动机功率。
- (2) 若 1 挡最大动力因数  $D_{1\max} = 0.35$ ，求最大爬坡度  $i_{\max}$ 。
- (3) 若最高挡最大动力因数  $D_{0\max} = 0.10$ ，该挡旋转质量换算系数  $\delta = 1.03$ ，求该汽车在平直路面上以最高挡行驶时能达到的最大加速度（假设地面附着力足



够) ?

(4) 该轿车是否可以选用最高挡以某一车速匀速行驶在  $i = 5\%$  的上坡路上?

(5) 若该轿车拖带一房屋拖车旅行, 该轿车—房屋拖车组是否可以选用最高挡以某一速度均速行驶在  $i = 5\%$  的上坡路上? 假设此时该拖车的质量是  $1000 \text{ kg}$ ; 拖车车轮的滚动阻力系数与轿车车轮相同。

**1.44** 已知某路面车辆的满载质量为  $1700 \text{ kg}$ , 发动机最大输出转矩为  $180 \text{ N}\cdot\text{m}$ , 对应的发动机转速为  $2800 \text{ r/min}$ ; 驱动轮滚动半径为  $365 \text{ mm}$ ; 空气阻力系数为  $0.48$ ; 迎风面积为  $2.8 \text{ m}^2$ ; 第 1 挡和最高挡工作时传动系统的总传动比分别为  $20.5$  和  $4.63$ , 相应的传动系统机械效率分别为  $0.85$  和  $0.92$ 。若滚动阻力系数为  $0.015$ , 重力加速度取为  $9.8 \text{ m/s}^2$ , 试求:

(1) 该车第 1 挡的最大动力因数;

(2) 该车最高挡的最大爬坡度。

**1.45** 根据某一使用自动变速器的车辆 (在用的轿车), 画出其驱动力与行驶阻力的平衡图, 并确定其在某一道路上行驶时的动力性指标。

**1.46** 根据某一使用机械式变速器的车辆 (在用的轿车), 画出其驱动力与行驶阻力的平衡图或功率平衡图, 并确定其在某一道路上行驶时的动力性指标。

**1.47** 加装液力变矩器的汽车具有较理想的动力特性, 试说明主要原因是什么?

## 第 2 章 汽车的燃油经济性

- 2.1 “车开得慢，加速踏板踩得小，就一定省油”，或者“只要发动机省油，汽车就一定省油”这两种说法对吗？为什么？
- 2.2 试述无级变速器与汽车动力性、燃油经济性的关系。
- 2.3 试分析汽车变速器由 4 挡增加至 6 挡（最大、最小速比不变）对汽车动力性和燃油经济性的影响。
- 2.4 汽车的燃油经济性试验评价方法有哪些？
- 2.5 何谓等速行驶燃油经济特性？如何利用等速行驶燃油经济特性分析比较汽车的经济性？
- 2.6 如何根据发动机负荷特性计算等速行驶的燃油经济性？试分析影响汽车燃油经济性的主要因素。
- 2.7 如何制作等速燃油消耗特性曲线（提示：考虑试验及数据处理）？
- 2.8 说明汽车行驶条件对燃油经济性的影响。
- 2.9 豪华型轿车为什么比经济型轿车百公里燃油消耗量大？
- 2.10 试从汽车结构方面简述影响汽车燃油经济性的因素。
- 2.11 试说明如何用发动机“最小燃油消耗特性曲线”和克服行驶阻力应提供的功率曲线，确保发动机在最经济工况下工作的“无级变速器调节特性”。
- 2.12 如何从改进汽车底盘设计方面来提高燃油经济性？
- 2.13 为什么汽车发动机与传动系统匹配不好会影响汽车燃油经济性与动力性？试举例说明。
- 2.14 试分析超速挡对汽车动力性和燃油经济性的影响。
- 2.15 分析轮胎对汽车动力性和燃油经济性有些什么影响？
- 2.16 为什么公共汽车起步后，驾驶员很快换入高档？
- 2.17 达到最佳动力性的换挡时机是什么？达到最佳燃油经济性的换挡时机是什么？两者是否相同？
- 2.18 图 2-1 是某轻型货车汽油发动机的负荷特性与万有特性，货车的其他参数与题 1.37 相同。负荷特性曲线的拟合公式为

$$b = B_0 + B_1 P_e + B_2 P_e^2 + B_3 P_e^3 + B_4 P_e^4$$



式中,  $b$  为燃油消耗率 [ $\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ];  $P_e$  为发动机净功率 ( $\text{kW}$ )。

拟合公式中的系数如表 2-1 所示。

表 2-1 拟合公式的系数

$n/(\text{r}\cdot\text{min}^{-1})$	$B_0$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
815	1326.8	-416.46	72.379	-5.8629	0.17768
1207	1354.7	-303.98	36.657	-2.0553	0.043072
1614	1284.4	-189.75	14.524	-0.51184	0.0068164
2012	1122.9	-121.59	7.0035	-0.18517	0.0018555
2603	1141.0	-98.893	4.4763	-0.091077	0.00068906
3006	1051.2	-73.714	2.8593	-0.05138	0.00035032
3403	1233.9	-84.478	2.9788	-0.047449	0.00028230
3804	1129.7	-45.291	0.71113	-0.00075215	-0.000038568

怠速油耗  $Q_{id} = 0.299\text{mL/s}$  (怠速转速  $400\text{r/min}$ )。

- 1) 绘制该轻型货车的功率平衡图。
- 2) 绘制最高挡与次高挡的等速百公里油耗曲线。
- 3) 利用计算机求该货车按 JB3352—1983 规定的六工况循环行驶的百公里油耗。计算中确定燃油消耗率值时,若发动机转速与负荷特性中给定的转速不相等,可由相邻转速的两条曲线用插值法求得。

六工况循环的参数如表 2-2 所示。

表 2-2 六工况循环参数

工况	累计行程/m	时间/s	累计时间/s	车速/ $(\text{km}\cdot\text{h}^{-1})$	说明
I	50	7.2	7.2	25	等速
II	200	16.7	23.9	25~40	匀加速度为 $0.25\text{m/s}^2$
III	450	22.5	46.4	40	等速
IV	625	14.0	60.4	40~50	匀加速度为 $0.2\text{m/s}^2$
V	875	18.0	78.4	50	等速
VI	1075	19.3	97.7	50~25	匀加速度为 $0.36\text{m/s}^2$

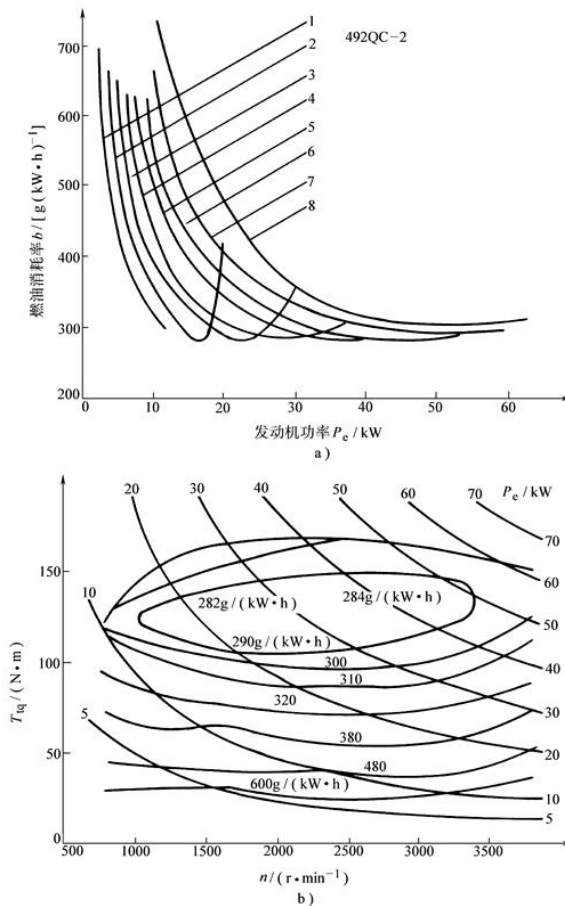


图2-1 汽油发动机的负荷特性与万有特性

a) 负荷特性 b) 万有特性

1-815r/min 2-1027r/min 3-1614r/min 4-2012r/min  
5-2603r/min 6-3006r/min 7-3403r/min 8-3804r/min

**2.19** 某轿车按给定的速度变化曲线作加速行驶，请根据汽油发动机的万有特性曲线如图 2-1 所示，计算加速过程中的燃油消耗量。已知发动机的功率  $P = 30 \text{ kW}$ ，初始车速  $u_{a0} = 10 \text{ km/h}$ ，经过时间  $\Delta t_1 = 2 \text{ s}$ ，车速达到  $40 \text{ km/h}$ ；又经过时间  $\Delta t_2 = 4 \text{ s}$ ，车速达到  $60 \text{ km/h}$ ；再经过时间  $\Delta t_3 = 4 \text{ s}$ ，车速达到  $90 \text{ km/h}$ 。等速单位时间油耗计算公式为  $Q_t = \frac{Pb}{367.1\gamma}$ ，其中  $b$  为燃油消耗率 [ $\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ]，汽油重度  $\gamma = 7 \text{ N/L}$ 。

**2.20** 说明用已知的某一发动机负荷特性图确定无级变速器调节特性的过程。

**2.21** 汽油发动机排气净化的措施有哪些？

**2.22** 柴油机碳烟的种类及其形成机理是什么？

## 第 3 章 汽车动力装置参数的选择

- 3.1 请简单叙述选择汽车发动机功率方法有哪些？
- 3.2 试分析汽车主减速器传动比  $i_0$  对汽车动力性和燃油经济性的影响。
- 3.3 传动系中最大传动比的确定原则是什么？
- 3.4 如何确定变速器的挡数和各挡间的速比分配？
- 3.5 改变题 1.38 轻型货车的主减速器传动比，作出  $i_0$  为 5.17、5.43、5.83、6.17、6.33 时的燃油经济性—加速时间曲线，讨论不同  $i_0$  值对汽车性能的影响和采用不同变速器对汽车性能的影响。
- 3.6 某四轮轿车为前轮驱动，要求设计其动力装置参数，已知条件如表 3-1 所示。

表 3-1 轿车的基本参数

基本参数	参数值	基本参数	参数值
滚动阻力系数 $f$	0.015	发动机最大扭矩 $T_{tqmax} / (\text{N}\cdot\text{m})$	60
空气阻力系数 $C_D$	0.36	最高挡传动比 $i_{g4}$	0.90
迎风面积 $A / \text{m}^2$	1.98	传动系统总传动效率 $\eta_T$	0.9
整车满载质量 $m / \text{kg}$	1000	驱动轮的滚动半径 $r_r / \text{m}$	0.245
发动机最大输出功率对应的转速 $n_p / (\text{r}\cdot\text{min}^{-1})$	4800		

(1) 设计计算此车主减速器传动比的值，要求最高车速（理论上）在发动机最大输出功率点获得，已知最高挡工作时，与发动机最大输出功率对应的驱动力为 708N。

(2) 假定附着力足够，最大爬坡度的设计要求值为  $18^\circ$ 。根据上面的已知条件和所确定的主减速器传动比，变速器第 1 挡传动比至少为多大（不计空气阻力）？

(3) 若满载时驱动轮轴所承受的载荷占整车重量的 60%，汽车质心高度与轴距比  $\lambda=0.3$ ，路面附着系数为 0.7，求受限于路面附着力的最大爬坡度是多少？

(4) 假设已经按照 (1) 和 (2) 进行了设计，试求汽车的 1 挡最大动力因数是多少（不计空气阻力）？



## 第 4 章 汽车的制动性

4.1 什么是地面制动力？什么是地面附着力？

4.2 请叙述制动器制动力、地面制动力和地面附着力三者之间关系和区别是什么？并用图表示三者之间的关系。

4.3 画出制动时汽车前轮及后轮的受力简图，并列平衡方程式。

4.4 请分别描述什么是车轮滑动率、制动力系数、滑动附着系数、峰值附着系数、同步附着系数。

4.5 叙述车轮的滑动率与纵向附着系数的关系，并绘图说明。

4.6 汽车制动过程从时间上大致可以分为几个阶段？各个阶段有何特点？

4.7 什么是汽车的制动距离？它与哪些因素有关？

4.8 分析汽车制动过程中减速度的变化规律。

4.9 汽车在不同路面上制动时最大减速度值为何值？

4.10 某汽车在初始车速  $u_0$  开始制动，假定其有效制动过程为制动增强和制动持续两个阶段，如图 4-1 所示。

(1) 该车在水平良好路面上采取制动，试推导出制动距离的计算公式；

(2) 该车在附着系数  $\varphi = 0.8$  路面上直线行驶，从初始车速 80km/h 开始制动，假定  $t_1 = 0.5s$ ，试求制动距离。

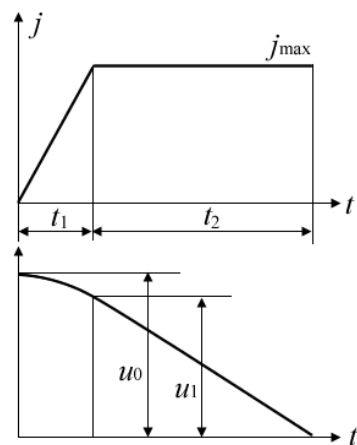


图4-1 汽车制动过程

4.11\* 一辆重量为 16180N 的轻型货车，在水平路面上由 96.6km/h 的速度到完全停车，制动时产生 8900N 的稳定制动力。试求其减速度、制动距离、停车时间、能量消耗和制动初期以及平均制动功率，计算过程中空气阻力和滚动阻力可忽略不计。

4.12\* 计算轿车制动系数和制动效率，其制动作用压力从 690kPa 增加到 4830kPa（每隔 690kPa 计算一次），该车基本参数如表 4-1 所示。

表 4-1 某轿车基本参数

参数	参数值	参数	参数值
轴距/mm	2756	前轴载荷/N	9835
质心高/mm	521	后轴载荷/N	8294
轮胎半径/m	0.308	前制动器增益/(N·m·kPa <sup>-1</sup> )	0.33
整车重量/N	18129	后制动器增益/(N·m·kPa <sup>-1</sup> )	0.23

比例阀的设计=2000/0.3（即前、后制动器的压力在 2000kPa 以下时相同，超过此压力后，后轮制动器配比的压力增加值仅为前制动器压力增加值的 30%，即  $p_f=p_r=p_a$ =作用压力,  $p_a < 2000\text{kPa}$ ;  $p_f=p_a$ ,  $p_r=2000+0.3(p_a-2000)$ ,  $p_a > 2000\text{kPa}$ ）。

$$\text{前轮制动力系数 } \mu_f = \frac{F_{xf}}{F_{zf}}; \text{ 后轮制动力系数 } \mu_r = \frac{F_{xr}}{F_{zr}}; \text{ 制动效率 } \eta_b = \frac{a_j}{\mu_p}, a_j$$

为制动减速度， $\mu_p$  为  $\mu_f$  和  $\mu_r$  中的较大值。

**4.13** 什么是汽车制动效能的恒定性？影响汽车制动器热衰退性的主要因素是什么？

**4.14** 造成制动跑偏的主要原因是什么？为什么两前轮制动力不相等对制动跑偏的影响更大？

**4.15** 汽车制动时后轮抱死拖滑有发生侧滑的危险，请问哪些干扰因素可造成后轴侧滑？

**4.16** 试说明为什么汽车制动时在侧向力作用下后轴发生侧滑更危险？

**4.17** 为什么汽车在光滑路面上高速制动时，后轮抱死是一种危险工况？对于轻型货车，满载与空载两种情况下，哪一种更容易出现后轮抱死现象？为什么？

**4.18** 简述汽车 ABS 的作用及其优点，说明为什么能获得这些优点。

**4.19** 汽车装有非 ABS 的普通制动系统，试简述制动时制动距离与哪些因素有关？

**4.20** 某前置前轮驱动的轿车，轴距  $L = 2.55\text{m}$ ，质心高度  $h_g = 0.58\text{m}$ ，满载质量为 1460 kg，静态时前轮承载为 61%。采用常规制动系统，制动力分配系数  $\beta = 0.828$ 。

(1) 该车在附着系数  $\varphi = 0.7$  的路面上制动时, 试计算前轮能提供的最大制动力。

(2) 在前轮刚抱死时后轮能提供多大的制动力?

**4.21** 评价汽车前、后制动器制动力分配和理想的制动器制动力分配方法有哪些?

**4.22** 在以制动强度  $z$  为横坐标, 利用附着系数  $\varphi$  为纵坐标的利用附着系数与制动强度的关系曲线中, 为什么应选取在对角线上方的曲线作为汽车的利用附着系数曲线?

**4.23** 利用 I 曲线、 $\beta$  线和车轮滑转率  $s$ , 分别说明汽车制动系统制动力调节的理论依据和原则是什么? 汽车防抱死制动系统的理论依据是什么?

**4.24** 已知汽车轴距  $L$ , 质心高度  $h_g$ , 质心至前轴和后轴的距离分别为  $a$  和  $b$ , 制动器制动力分配系数为  $\beta$ , 试推导该车的同步附着系数  $\varphi_0$  的表达式。当该车总质量为 4250 kg, 前轴轴荷为 36%, 质心高度为 0.85 m, 轴距为 2.45 m, 汽车同步附着系数  $\varphi_0 = 0.6$  时, 试确定其前、后制动器制动力的分配比例应为多少?

**4.25\*** 已知某汽车总质量  $m = 8025\text{kg}$ , 轴距  $L = 4\text{m}$ , 质心至前轴的距离  $a = 3.03\text{m}$ , 至后轴距离  $b = 0.97\text{m}$ , 质心高度  $h_g = 1.15\text{m}$ , 在纵向坡度为  $i = 5\%$  的良好路面等速下坡时, 轴荷再分配系数是多少?

(注: 轴荷再分配系数  $m_{f1} = \frac{F_{Z1}}{F_{Z10}}$ ,  $m_{f2} = \frac{F_{Z2}}{F_{Z20}}$ )

**4.26** 已知某汽车质量为  $m = 4000\text{kg}$ , 前轴负荷 1350 kg, 后轴负荷为 2650 kg,  $h_g = 0.88\text{m}$ ,  $L = 2.8\text{m}$ , 同步附着系数为 0.6, 试确定该车的制动器制动力分配系数是多少?

**4.27** 请叙述分析汽车制动性时使用的“I 曲线”的意义,  $f$  线组与  $r$  线组的含义。

**4.28** 汽车的同步附着系数从 0.4 增加到 0.7 时, 对汽车的制动性有什么影响?



**4.29** 解放 CA1150PK2L3T1 双后桥载货汽车设计核定装载质量为 9000kg, 装备质量为 6000 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, 试问该车装载 20000 kg 水泥在水平良好路面实施紧急制动时, 试近似计算此时汽车的制动力和制动减速度。

**4.30** 汽车制动时使汽车减速的力有哪些?

**4.31** 通常汽车前后制动器制动力具有固定的分配比, 采取何种措施使得汽车无论在空载还是满载均可获得比较满意的制动效果?

**4.32** 分析前、后制动器制动力具有固定分配比值的汽车, 制动系统的缺陷, 并指出改进措施。

**4.33** 请分析汽车急加速时, 整个车身前部升高而后部降低的原因 (提示: 要考虑轮胎等弹性元件、阻尼元件的作用, 并采用受力分析方法, 要求画出受力图并列平衡方程)。

**4.34** 按照制动距离的定义, 能否在道路上测得制动距离 (假设未安装防抱死制动系统)? 从道路上测量得到的制动距离与定义的制动距离是否相等, 为什么?

**4.35** 一轿车驶经有积水层的良好公路路面, 当车速为 100km/h 时要进行制动, 问此时有无可能出现滑水现象而丧失制动能力? 轿车轮胎的胎压为 179.27kPa。

**4.36** CA770 制动系统由真空助力改为压缩空气助力后的制动试验结果如表 4-2 所示。

表 4-2 装用不同助力系统时 CA770 轿车的制动性能

制动系统形式	制动时间/s	制动距离/m	最大制动减速度/( $m \cdot s^{-2}$ )
真空助力制动系统	2.12	12.25	7.25
压缩空气—液压制动系统	1.45	8.25	7.65

试由表中所列数据估算  $\tau_2' + \frac{1}{2}\tau_2''$  的数值, 以说明制动器作用时间的重要性。

**4.37** 一中型货车装有前、后制动器分开的双管路制动系统, 其有关参数如表 4-3 所示。

表 4-3 一中型货车的基本参数

载荷	质量 $m/\text{kg}$	质心高 $h_g/\text{m}$	轴距 $L/\text{m}$	质心至前轴的距 离 $a/\text{m}$	制动力分配 系数 $\beta$
空载	4080	0.845	3.950	2.100	0.38
满载	9290	1.170	3.950	2.950	0.38

(1) 计算并绘制利用附着系数曲线与制动效率曲线，并说明该车的制动系数是否满足法规要求。

(2) 求行驶车速  $u_a = 30\text{km/h}$ ，在  $\varphi = 0.80$  路面上车轮不抱死的制动距离。计算时取制动系统反应时间  $\tau_2'' = 0.02\text{s}$ 。

(3) 求制动系统前部管路损坏时汽车的制动距离，制动系统后部管路损坏时汽车的制动距离。

**4.38** 在汽车制动法规中，对双轴汽车前、后轴制动力的分配有何规定？说明作出这种规定的理由。

**4.39** 一轿车的有关参数如下：总质量  $1600\text{kg}$ ，质心位置  $a=1450\text{mm}$ ， $b=1250\text{mm}$ ， $h_g=630\text{mm}$ 。轿车装有单回路制动系统，其制动器制动力分配系数  $\beta = 0.65$ 。试求：

- (1) 同步附着系数；
- (2) 在  $\varphi = 0.7$  路面上的制动效率；
- (3) 汽车此时能达到的最大制动减速度（指无任何车轮抱死时）；
- (4) 若将该车改为双回路制动系统，只改变制动的传动系统，如图 4-2 所示，制动系统其他参数不变。设总制动力与总泵输出管路压力之比称为制动系统增益，并令原车单管路系统的增益为  $G'$ 。确定图中各种双回路制动系统的增益，确定各种双回路制动系统的一个回路失效时的制动系统增益。

(5) 计算在  $\varphi = 0.7$  的路面上，上述各种双回路系统在一个回路失效时的制动效率及其能达到的最大制动减速度。

(6) 比较各种双回路系统的优点。

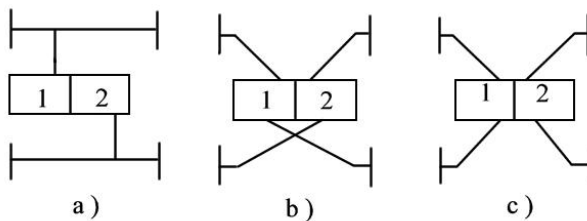


图4-2 三种不同的双回路制动系统

**4.40** 某汽车的轮距  $B=1.7\text{m}$ ，质心高度  $h_g=1.3\text{m}$ ，试分析该车在道路侧向附着系数  $\varphi_1 = 0.7$  的横坡上行驶时，若坡度较大，是先侧翻还是先侧滑？

**4.41** 一辆汽车的质心至前轴的水平距离  $a=2.8\text{m}$ ，质心至后轴的水平距离  $b=1.2\text{m}$ ，质心高度  $h_g=1.0\text{m}$ ，制动力分配系数  $\beta = 0.4$ 。

(1) 求该车的同步附着系数。

(2) 当该车在附着系数为 0.2 的路面上制动时，在前轴抱死的一瞬间，汽车的制动强度是多少？

(3) 当该车在附着系数为 0.2 的路面上制动时，在前轴抱死的一瞬间，后轴的利用附着系数是多少？

(4) 当这辆车在附着系数为 0.7 的路面上制动时，哪一轴先抱死？为什么？

**4.42** 根据单轮汽车模型，分析在路面条件一定和某一设定的轮缸压力作用下，车转速的时间历程。



## 第 5 章 汽车的操纵稳定性

**5.1** 什么是汽车的操纵性？什么是汽车的稳定性？什么是汽车的操纵稳定性？

**5.2** 什么是汽车的稳态响应特性和瞬态响应特性？

**5.3** 什么是弹性轮胎的侧偏特性？什么是侧偏力和侧偏回正力矩？它们主要与哪些因素有关？

**5.4** 一轿车（每个）前轮胎的侧偏刚度为 $-50176\text{N/rad}$ ，外倾刚度为 $-7665\text{N/rad}$ 。若轿车向左转弯，将使两个前轮产生正的外倾角，其大小为 $4^\circ$ 。设侧偏刚度与外倾刚度均不受左、右轮载荷转移的影响，试求由外倾角引起的前轮侧偏角。

**5.5** 分析汽车高速行驶变更车道对汽车转向轮回正力矩的影响（从侧偏力、侧偏角和回正力矩等方面分析）。

**5.6** 6450N 轻型客车在试验中发现过多转向和中性转向现象，工程师们在前悬架上加装前横向稳定杆以提高前悬架的侧偏角刚度，结果汽车的转向特性变为不足转向。试分析其理论根据（要求有必要的公式和曲线）。

**5.7** 写出由  $K = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{a_y L}$  导出  $K = \frac{1}{a_y L} \left( \frac{F_{Y2}}{k_2} - \frac{F_{Y1}}{k_1} \right)$  的详细过程。

**5.8** 写出由  $\frac{\omega_r}{\delta} = \frac{u}{L(1+Ku^2)}$  导出  $R = \frac{L}{\delta - (\alpha_1 - \alpha_2)}$  的详细过程。

**5.9** 写出由  $\frac{\omega_r}{\delta} = \frac{u}{L(1+Ku^2)}$  导出  $\frac{R}{R_0} = 1 + Ku^2$  的详细过程(其中  $R_0 = \frac{L}{\delta}$ )。

**5.10** 汽车的稳态响应有哪几种类型？表征稳态响应的具体参数有哪些？它们彼此之间的关系如何（要求有必要的公式和曲线）？

**5.11** 举出三种表示汽车稳态转向特性的方法，并说明汽车质心前后位置和内、外轮负荷转移如何影响稳态转向特性。

**5.12** 汽车转弯时车轮行驶阻力是否与直线行驶时一样？

**5.13** 主销内倾角和后倾角的功能有何不同？

**5.14** 横向稳定杆起什么作用？为什么有的车装在前悬架，有的装在后悬架，有的前后都装？



5.15 某种汽车的质心位置、轴距和前后轮胎的型号已定。其稳态转向特性为过多转向，试找出五种改善其转向特性的方法。

5.16 汽车空载和满载是否具有相同的操纵稳定性？

5.17 试用有关计算公式说明汽车质心位置对主要描述和评价汽车操纵稳定性、稳态响应指标的影响。

5.18 影响汽车横摆角速度增益的因素有哪些？

5.19 有一汽车的总重量为 20100N,  $L=3.2\text{m}$ , 静态时前轴荷占 55%, 后轴荷占 45%,  $k_1=-38920\text{N/rad}$ ,  $k_2=-38300\text{ N/rad}$ , 求该车的稳态转向特性和特征（或临界）车速。

5.20 何谓汽车的操纵稳定性？试分析说明为什么希望汽车的稳态转向特性具有适度的不足转向特性为好？已知某 4×2 小客车前、后轮为单胎，总质量为 2010kg, 轴距  $L$  为 3.2m, 前轴荷为 53.5%, 每个前轮胎的侧偏刚度为  $-38142\text{N/ rad}$ , 每个后轮胎的侧偏刚度为  $-37485\text{N/ rad}$ , 试确定该车的稳态转向特性是那种性质？如果该车以 36km/h 的速度、转向盘转角为  $330^\circ$  作定圆周等速行驶时，求此时汽车的横摆角速度是多少？已知转向系统的总传动比  $i=22$ , 悬架系统的侧倾影响不予考虑。

5.21 二自由度轿车模型的有关参数如表 5-1 所示。

表 5-1 某轿车模型的基本参数

轿车参数名称	参数值
总质量 $m/\text{kg}$	1818.2
绕 Oz 轴转动惯量 $I_z/(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$	3885
轴距 $L/\text{m}$	3.048
质心距前轴距离 $a/\text{m}$	1.463
质心距后轴距离 $b/\text{m}$	1.585
前轮总侧偏刚度 $k_1/(\text{N}\cdot\text{rad}^{-1})$	-62618
后轮总侧偏刚度 $k_2/(\text{N}\cdot\text{rad}^{-1})$	-110185
转向系统总传动比 $i$	20

试求：

(1) 稳定性因素  $K$ 、特征车速  $u_{ch}$ 。



(2) 稳态横摆角速度增益曲线  $\left. \frac{\omega_r}{\delta} \right|_s - u_a$ 、车速  $u=22.35\text{m/s}$  时的转向灵敏度

$$\frac{\omega_r}{\delta_{sw}}$$

(3) 静态储备系数 S.M., 侧向加速度为  $0.4g$  时的前、后轮侧偏角绝对值之差  $\alpha_1 - \alpha_2$  与转弯半径的比值  $R/R_0$  ( $R_0=15\text{m}$ )。

(4) 车速  $u=30.56\text{m/s}$  时, 瞬态响应的横摆角速度波动的固有(圆)频率  $\omega_0$ 、阻尼比  $\zeta$ 、反应时间  $\tau$  与峰值反应时间  $\varepsilon$ 。

**5.22** 稳态响应中横摆角速度增益达到最大值时的车速称为特征车速  $u_{ch}$ 。说明特征车速  $u_{ch} = \sqrt{1/K}$ , 且在特征车速时的稳态横摆角速度增益为具有相等轴距  $L$  的中性转向汽车横摆角速度增益的一半。

**5.23\*** 一辆轿车, 其前轴载荷是  $8459\text{N}$ , 后轴载荷是  $6906\text{N}$ , 轴距是  $2555\text{mm}$ , 轮胎的侧偏刚度如表 5-2 所示。

表 5-2 某轿车轮胎的侧偏刚度

载荷/N	侧偏刚度/[N·(°) <sup>-1</sup> ]	侧偏系数
1001	298	0.298
2002	538	0.269
3003	761	0.253
4005	1001	0.250
5006	1144	0.228
6007	1335	0.222

试确定该车辆如下的转向特性:

- (1) 转向半径为  $152\text{m}$ 、 $61\text{m}$ 、 $30.5\text{m}$ 、 $15\text{m}$  时的阿克曼转向角(即  $\delta = L/R$ )。
- (2) 特征车速;
- (3) 在车速为  $96.6\text{km/h}$  时的横摆角速度增益;
- (4) 质心侧偏角。

**5.24\*** 已知某特种车辆满载质量为  $1653\text{kg}$ , 轴距  $2700\text{mm}$ , 其中前轮载荷为  $4884\text{N}$ , 前、后轮胎型号均为  $215/80R16$ , 轮胎侧偏刚度的近似计算公式为  $k_\delta = -780(d_{rim} + 2b)b(p_n + 98)$ , 式中,  $k_\delta$  为轮胎侧偏刚度[N/(°)];  $d_{rim}$  为轮辋直径(m);  $b$  为轮胎宽度(m);  $p_n$  为轮胎充气压力(kPa)。试求:



- (1) 该车的稳定性因数  $K$ ;
- (2) 该车的特征车速或临界车速;
- (3) 其他参数不变, 把前轮更换为 6.50R16 型号的轮胎, 试确定此时的转向特性。

**5.25** 某一具有不足转向特性的双轴汽车在直线行驶时, 突然受到侧向外力的作用, 请画简图分析该车的操纵稳定性。

**5.26** 测定汽车稳态转向特性常用两种方法, 一为固定转向盘转角法, 并以  $R/R_0 - a_y$  曲线来表示汽车的转向特性; 另一为固定圆周法。试验时在场地上画一圆圈, 驾驶员以低速沿圆周行驶, 记录转向盘转角  $\delta_{sw0}$ , 然后驾驶员控制转向盘使汽车始终在圆周上行驶, 但车速由低速持续加速至某一高速。随着车速的提高, 转向盘转角  $\delta_{sw}$  一般将随之加大。记录下  $\delta_{sw}$  角, 并以  $\frac{\delta_{sw}}{\delta_{sw0}} - a_y$  曲线来评价汽车的

转向特性。试证  $\frac{\delta_{sw}}{\delta_{sw0}} = 1 + Ku^2$ , 说明如何根据  $\frac{\delta_{sw}}{\delta_{sw0}} - u^2$  曲线来判断汽车的转向特性。

**5.27** 汽车转向瞬态响应的评价指标是什么?

**5.28** 图 5-1 是滑柱连杆式独立悬架 (常称为 Mc Pherson suspension) 的示意图。试证:

- (1) R.C. 为侧倾中心;
- (2) 悬架的侧偏角刚度为  $K_\varphi r = 2k_s \left( \frac{mp}{n} \right)^2$ , 式中,  $k_s$  为一个弹簧的线刚度。

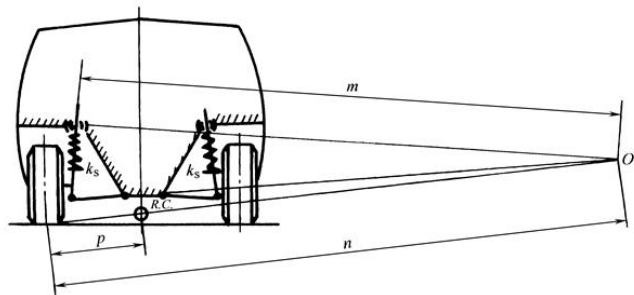


图5-1 滑柱连杆式独立悬架示意图

**5.29** 某轿车具有双横臂独立悬架系统, 如图 5-2 所示。当轿车转向行驶时, 因悬架的弹性变形会引起车身的侧倾, 侧倾对汽车操纵稳定性有重要影响。

(1) 该悬架的双横臂分别水平布置, 试求出该轿车的车厢侧倾中心的位置;

(2) 转向时车厢绕侧倾中心偏转, 试确定该悬架的侧倾刚度。

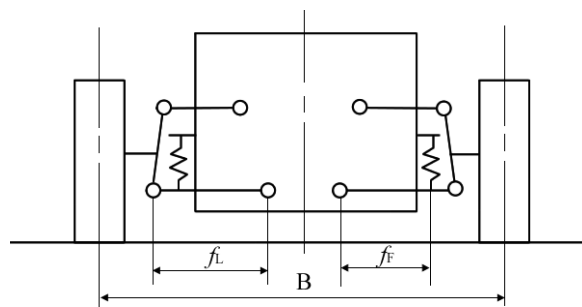


图5-2 双横臂独立悬架

**5.30** 试推导计算稳态响应质心侧偏角增益  $\left(\frac{\beta}{\delta}\right)_s$  的公式, 并求某轿车 (轿车参数与题 5.21 相同) 在  $u=31.3\text{m/s}$

(70mile/h)、 $a_y=0.4g$  时的质心侧偏角。计算上述车速下的瞬态响应峰值反应时间和轿车的汽车因数 T.B.值。

**5.31** 为什么有些轿车后轮也设计有前束角和外倾角?

**5.32** 图 5-3 所示为三种前独立悬架对车轮相对车身垂直上下位移时前束变化的影响。试问图中哪一条曲线具有侧倾过多转向效果?

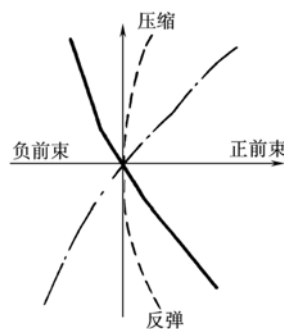


图5-3 车身垂直上下位移时前束的变化曲线

**5.33** 转向盘力特性与哪些因素有关? 试分析之。

**5.34** 地面作用于轮胎的切向反作用力是如何控制转向特性的?

**5.35** 已知汽车的  $B=1.8\text{m}$ ,  $h_g=1.15\text{m}$ , 横坡度角为  $10^\circ$ ,  $R=22\text{m}$ , 求汽车在此圆形跑道上行驶, 不发生侧翻的最大车速是多少 (设附着系数足够大)?

**5.36** 汽车转向的稳态响应可由横摆角速度增益来表征, 即

$$\left(\frac{\omega_r}{\delta}\right)_s = \frac{u}{L(1+Ku^2)} \quad K = \frac{m}{L^2} \left( \frac{b}{k_1} - \frac{a}{k_2} \right)$$

式中,  $K$  为稳定性因数。试用上式作如下分析:

(1) 装载后汽车重心后移, 对汽车转向特性有何影响?

(2) 前轮充气气压高于标准气压, 对汽车转向特性有何影响?

(3) 在侧向力作用下, 后轴左右车轮载荷变化很大, 对汽车转向特性有何影响?

(4) 后轮气压低于标准气压, 对汽车转向特性有何影响?

**5.37** 设汽车质量  $m=1400\text{kg}$ , 前后轮的侧偏刚度 ( $k_f$ 、 $k_r$ ) 为  $-25000\text{N/rad}$ , 前、后车轴距质心的距离为  $1.35\text{m}$ , 转向系统绕主销的等效弹性系数为



9000N·m/rad，轮胎拖距  $\xi = 50\text{mm}$ ，并假定汽车横摆转动惯量为  $I = ml^2l_r$ 。试求：

- (1) 不考虑转向系统刚度影响时汽车稳定性因素  $K$ ；
- (2) 考虑转向系统刚度影响时汽车稳定性因素  $K$ ；
- (3) 不考虑转向系统刚度影响时 ( $e=1$ )，若定义静态储备系数为

$$SM = -\frac{l_f k_f - l_r k_r}{l(k_f + k_r)}$$

，则  $SM$  的大小与汽车转向有什么关系？ $SM = -0.03$  时的理论稳

定极限速度是多少？

- (4) 试绘出  $SM=0.03, 0, -0.03$  时车辆作等速圆周运动的车速  $u$  与  $\omega_r / \delta$ ， $(1/R)\delta$  的关系曲线。

- (5) 试求  $SM=0.03$ ， $u_a = 60\text{km/h}$  时车辆运动的固有频率  $\omega_0$  和阻尼系数  $\zeta$ 。

(6) 等效换算到转向主销的转向盘转动惯量  $I_h$  应如何取值，才能保证即便驾驶员撒手，汽车也能始终保持行驶稳定性而不受行驶速度的影响？

**5.38** 基于 2 自由度的操纵稳定性模型，推导出用质心侧偏角、横摆角速度、侧向加速度等表示稳态特性评价与瞬态特性评价的动力学方程式。

(1) 在时域内给出其响应，分析汽车的使用与结构等因素对汽车操纵稳定性的影响。

(2) 在频域内给出其响应，分析汽车的使用与结构等因素对汽车操纵稳定性的影响。



## 第 6 章 汽车平顺性

6.1 汽车平顺性的评价指标有那些？汽车平顺性的评价方法有哪些？

6.2 设通过座椅支承面传至人体垂直加速度的谱密度为一白噪声， $G_a(f) = 0.1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$ 。求在 0.5~80Hz 频率范围加权加速度均方根值  $a_w$  和加权振级  $L_{aw}$ ，判断人的主观感觉。

6.3 设车速  $u=20\text{m/s}$ ，路面不平度系数  $G_q(n_0) = 2.56 \times 10^{-8} \text{ m}^3$ ，参考空间频率  $n_0=0.1\text{m}^{-1}$ 。画出路面垂直位移的功率谱  $G_q(f)$ 、速度功率谱  $G_{\dot{q}}(f)$ 、加速度功率谱  $G_{\ddot{q}}(f)$  的谱图。画图时要求用双对数坐标，选好坐标刻度值，并注明单位。

6.4 设车身—车轮二自由度汽车模型，其车身部分固有频率  $f_0=2\text{Hz}$ ，行驶在  $\lambda = 5\text{m}$  的水泥接缝路上，求引起车身部分共振时的车速  $u_a$  (km/h)。该汽车车轮部分的固有频率  $f_t=10\text{Hz}$ ，在砂石路上常用车速为 30km/h。问由于车轮部分共振时，车轮对路面作用的动载所形成的搓板路的波长  $\lambda$  是多少？

6.5 画出汽车简化为 7 自由度的振动模型。

6.6 画出汽车简化为单自由度的振动模型，并说明它主要用于哪种评价项目？

6.7 画出汽车简化为两自由度的振动模型，并说明它主要用于哪种评价项目？

6.8 分析汽车质量（空载和满载）对其固有振动频率和振幅的影响，列出表达式，分析货车在满载和空载时的平顺性有何不同，分析货车悬架变刚度的必要性。

6.9 设车身单质量系统的幅频特性  $|z/q|$  用双对数坐标表示时如图 6-1 所示。路面不平度系数  $G_q(n_0) = 2.56 \times 10^{-8} \text{ m}^3$ 。求车身加速度的谱密度  $G_{\ddot{q}}(f)$ ，画出其谱图，并计算 0.1~10Hz 频率范围内车身加速度的均方根值  $\sigma_{\ddot{z}}$ 。

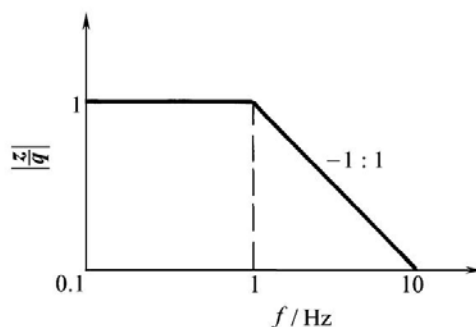


图6-1 车身单质量系统的幅频特性

6.10 把汽车简化为单自由度线性模型时，已知  $m_2=338\text{kg}$ ， $K=41160\text{N/m}$ ，



$c=1813\text{N}/(\text{m}\cdot\text{s})$ 。试求：

(1) 无阻尼振动的固有频率  $\omega_0$  和阻尼比  $\zeta$ ；

(2) 共振时，系统幅频特性值  $\left|\frac{z}{q}\right|_{\lambda=1}$ ；

(3) 若路面输入速度谱密度  $G_q(f) = 2 \times 10^{-7} (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})^2/\text{Hz}$ ，求共振时的车身加速度。

**6.11** 对于车身与车轮双质量系统，已知路面不平度系数  $G_q(n_0)$  和车速  $u$ ，请用图解和相应的公式说明如何计算在路面随机输入下车身加速度均方值。

**6.12** 写出悬挂质量分配系数  $\varepsilon$  的表达式，当  $\varepsilon=1$  时，为什么前、后轴上方车身部分的集中质量在垂直方向上的运动是相互独立的？

**6.13** 试分析汽车简化为车身—车轮两自由度的振动系统后，阻尼比  $\zeta$ 、质量比  $\mu$ 、固有圆频率  $\omega$  和刚度比  $\gamma$  的变化对行驶平顺性的影响？

**6.14** 设前、后车轮两个输入的双轴汽车模型行驶在随机输入的路面上，其质量分配系数  $\varepsilon=1$ ，前、后车身局部系统的固有频率为  $f_0=2\text{Hz}$ ，轴距  $L=2.5\text{m}$ 。问引起车身俯仰角共振时的车速  $u_a$  是多少？相应路面随机输入的波长  $\lambda$  是多少？

**6.15** 上机计算作业（报告应包括题目、计算说明、程序清单、结果分析）  
 车身—车轮双质量系统参数： $f_0=1.5\text{Hz}$ ， $\zeta=0.25$ ， $\gamma=9$ ， $\mu=10$ 。“人体—座椅”系统参数： $f_s=3\text{Hz}$ ， $\zeta_s=0.25$ 。车速  $u=20\text{m/s}$ ，路面不平度系数  $G_q(n_0)=2.56 \times 10^{-8} \text{m}^3$ ，参考空间频率  $n_0=0.1\text{m}^{-1}$ 。计算时取步长  $\Delta f=0.2\text{Hz}$ ，计算频率点数  $N=180$ 。

1) 计算并画出幅频特性曲线  $|z_1/q|$ 、 $|z_2/z_1|$ 、 $|p/z_2|$  和均方根值谱  $\sqrt{G_{z_1}(f)}$ 、 $\sqrt{G_{z_2}(f)}$ 、 $\sqrt{G_a(f)}$  的谱图，进一步计算  $\sigma_{\ddot{q}}$ 、 $\sigma_{z_1}$ 、 $\sigma_{z_2}$ 、 $\sigma_a$ 、 $a_w$ 、 $L_{aw}$  值随  $f_s$ 、 $\zeta_s$  的变化。

2) 改变“人体—座椅”系统参数， $f_s=0.25 \sim 3\text{Hz}$ ， $\zeta_s=0.125 \sim 0.5$ 。分析  $a_w$ 、 $L_{aw}$  随  $f_s$ 、 $\zeta_s$  的变化。

3) 分别改变车身—车轮双质量系统参数,  $f_0 = 0.25 \sim 3\text{Hz}$ ,  $\zeta = 0.125 \sim 0.5$ ,  $\gamma = 4.5 \sim 18$ ,  $\mu = 5 \sim 20$ 。绘制  $\sigma_{z_2}$ 、 $\sigma_{fd}$ 、 $\sigma_{Fd/G}$  三个响应量均方根值随以上四个系统参数变化的曲线。

**6.16** 在确定座椅—人体系统的固有频率时, 为什么一般选择在车身固有频率  $f_0 = \omega_0 / 2\pi$  与 3Hz 之间?

**6.17** 对只考虑垂直和俯仰两个自由度的汽车平面振动模型, 假设忽略前后悬架的阻尼, 车身质量为  $m^2$ , 转动惯量为  $m\rho^2$ ,  $k_f$  和  $k_r$  分别为前、后悬架的等效刚度,  $l_f$  和  $l_r$  分别为质心距离前、后轴的水平距离, 试求:

- (1) 系统的固有频率和主振型;
- (2) 若  $k_f l_f = k_r l_r$ , 讨论系统的固有频率和主振型;
- (3) 若  $\rho^2 = l_f l_r$ , 讨论系统的固有频率和主振型。

**6.18** 图 6-2 示为一简化后的汽车双轴振动模型 (忽略阻尼效应)。集中质量  $m_A$ 、 $m_B$ 、 $m_C$  按静力定销关系计算获得, 即  $m_A + m_B + m_C = m$ ,  $m_A a - m_B b = 0$ ,  $m_A a^2 + m_B b^2 = m\rho_y^2$ , 式中  $m$  为汽车总质量。

(1) 如果取  $(z_A, z_B)$  为坐标系, 试导出该汽车无阻尼自由振动的运动方程组。

(2) 在  $(z_A, z_B)$  坐标下, 试证明该车双轴振动模型的两个独立

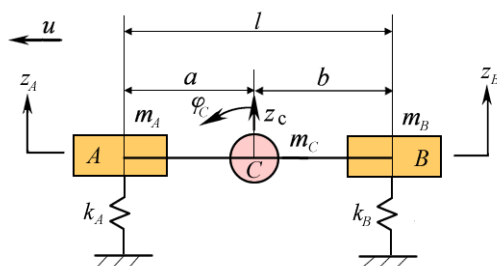


图6-2 双轴汽车振动模型

固有频率分别为  $\omega_A^2 = \frac{k_A l^2}{m(b^2 + \rho_y^2)}$ ,  $\omega_B^2 = \frac{k_B l^2}{m(a^2 + \rho_y^2)}$ 。

(3) 若以质心  $C$  为坐标系  $(z_C, \varphi_C)$  原点, 试建立相应的动力学系统的运动方程式。

(4) 若以前部  $A$  为坐标系  $(z_A, \varphi_A)$  原点, 试建立相应的动力学系统的运动方程式。

(5) 以质心  $C$  作为参考点来考察汽车的垂直与俯仰运动, 找到惯性解耦的设计参数, 已知该汽车悬架质量分配系数  $\varepsilon = 1 - \frac{\rho_y^2}{ab} = 0$ , 以及  $a = \frac{4l}{7}$ ,  $b = \frac{3l}{7}$ ,

$k_A = k$  和  $k_B = \frac{4k}{3}$ , 试求该系统的固有频率, 并说明有何特点。

## 第 7 章 汽车的通过性

7.1 确定汽车越野行驶的挂钩牵引性能一般需要测定哪些参数？

7.2 一个  $38 \times 20-16$  的轮胎, 直径  $D=0.975$  m、宽度  $b=0.47$  m, 行驶在  $n=0.44$ 、 $k_c=8.93$  kN/m、 $k_\phi=230.69$  kN/m 的沙壤土上。轮胎的垂直载荷为 8586 N, 充气压力为 49 kPa, 由胎壳刚性产生的压力是 19.6 kPa。试估计该轮胎的压实阻力。

7.3 设有两辆履带车辆, 其总重力均为 135 kN, 行经地面的土壤物理参数为  $n=1.6$ ,  $k_c=4.37$  kN/m、 $k_\phi=196.72$  kN/m,  $K=5$  cm,  $c=1.0$  kPa,  $\phi=19.7^\circ$ ,  $\gamma_s=2570$  N/m<sup>3</sup>, 其接地面积均为 7.2 m<sup>2</sup>, 但两车履带的长、宽不等, A 车的  $b=1$  m,  $l=3.6$  m; B 车的  $b=0.8$  m,  $l=4.5$  m。计算两车的土壤阻力、土壤沉陷及土壤推力并比较之。在同样滑转率 (如  $s_t=10\%$ ) 时, 哪一种履带尺寸的车挂钩牵引力要大?

## 综合题

1. 某 4×2 后轮驱动载货汽车，满载总质量为 9310kg，装载质量为 5000kg，由于某种原因装载质量增加到 6500kg，试分析超载后对汽车的各项主要使用性能有什么影响。
2. 试分析轮胎对汽车各项性能的影响。