



一. 汽车的动力性.

1. 汽车动力性指标:

[I 档时]

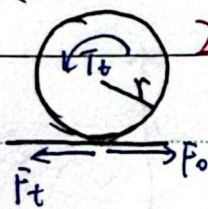
最高车速 U_{max} . 加速时间 t , 最大爬坡度 i_{max}

上坡能力: 满载(或某一载质量)时汽车在良好路面上所能爬上的最大爬坡度 i_{max} .

$$i_{max} = 30\% \rightarrow 16.7^\circ \quad i_{max} = 60\% \rightarrow 31^\circ$$

2. 汽车驱动力与行驶阻力.

$U_a \leftarrow$



2.1: 驱动力: 地面对车轮的反作用力. $\bar{F}_t$

$$\bar{F}_t = \bar{F}_0 = \frac{T_t}{r}$$

$$T_t = T_{tq} \cdot i_g \cdot i_o \cdot \eta_T$$

T_t : 作用于轮上的转矩
 T_{tq} : 发动机转矩
 i_g : 变速器传动比
 i_o : 主减速器传动比
 η_T : 机械效率

发动机特性曲线: 功率 P_e 、转矩 T_{tq} 、燃油消耗率 b 与转速 n 的关系

~ 外特性曲线: 节气门全开时的曲线

~ 部分负荷特性曲线: 节气门部分开启.

$$P_e = \frac{T_{tq} \cdot n}{9550}$$

驱动力图: 驱动力 - 车速 ($\bar{F}_t - U_a$) 之间关系曲线

发动机转速 n 与车速 U_a 的关系

$$U_a = 0.377 \frac{r n}{i_g i_o}$$

车轮半径

2.2. 行驶阻力: $\Sigma \bar{F} = \bar{F}_f + \bar{F}_w + \bar{F}_i + \bar{F}_j$

$\bar{F}_f$: 滚动阻力
 $\bar{F}_w$: 空气阻力
 $\bar{F}_i$: 坡度阻力
 $\bar{F}_j$: 加速阻力



形状阻力

压力阻力

空气阻力

摩擦阻力

干扰~
内循环~
诱导~

有风时: 迎风面积

$$F_w = \frac{1}{2} C_D A \rho U_r^2$$

阻力系数

相对速度

无风时:

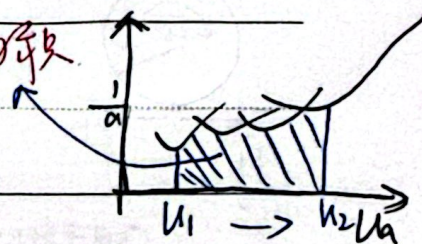
$$F_w = \frac{C_D A U_a^2}{2 \cdot 1.5}$$

3. 驱动力 - 行驶阻力平衡与动力特性图.

① 由各档位的 $a-u_a$ 图, 计算从车速 u_1 加速到

u_2 所需时间:

$$dt = \frac{1}{a} du \quad t = \int_0^t dt = \int_{u_1}^{u_2} \frac{1}{a} du = \text{面积}$$



② 动力特性:

动力因数: $D = \frac{F_t - F_w}{G}$ G 为车重.

动力特性图: 各档下, 车的 $D-u_a$ 曲线

$D-u_a$ 曲线与滚动阻力系数曲线 $f-u_a$ 交点, 为最大平

4. 附着条件与附着率.

附着力 F_p : 地面对轮胎切向反作用力的极限值.

$$F_p = F_z \cdot \varphi$$

F_z 为地对轮法向作用力
 φ 为附着系数.





附着率: 车直线行驶, 充分发挥驱动力作用时, 最低 φ .

5. 汽车的功率平衡.

行驶过程中, 发动机^{Pe}发出功率 = 机械传动损失功率 + 运动阻力消耗功

常遇到的阻力功率: $\frac{1}{\eta_T}(P_f + P_w)$.

后备功率: $P_e - \frac{1}{\eta_T}(P_f + P_w)$

二. 汽车的燃油经济性.

2. 汽车燃油经济性计算.

① 等速行驶:

$$Q_s = \frac{P_e \cdot b}{1.02 \cdot \frac{P_i}{U_a} \cdot \rho_g} \quad L/100km$$

b : 燃油消耗率
 P_i : 燃油密度
 U_a : 车速

② 等加速行驶 [见书 P.63]

③ 等减速行驶:

$$Q_d = \frac{U_{a2} - U_{a3}}{3.6 \cdot \frac{du}{dt}} \cdot Q_i \quad mL$$

U_{a2} : 起始车速
 U_{a3} : 终止车速
 Q_i : 怠速燃油消耗





三. 汽车动力装置参数的选定.

↓
发动机的功率、传动系的传动比.

1. 发动机功率的选择.

(坡阻) (加速阻)
当 $U_a = U_{max}$, $f_i = f_j = 0$ 时.

$$P_e = \frac{1}{\eta_T} \left(\underbrace{\frac{G \cdot f}{3600} U_{max}}_{\text{滚动阻力}} + \underbrace{\frac{C_D \cdot A}{76140} U_{max}^3}_{\text{空气阻力}} \right)$$

比功率: 单位车质量具有的发动机功率. (kw/t)

$$\frac{1000 P_e}{m} = \frac{f \cdot g}{3.6 \cdot \eta_T} \cdot U_{max} + \frac{C_D \cdot A}{76.14 \cdot m \cdot \eta_T} \cdot U_{max}^3$$

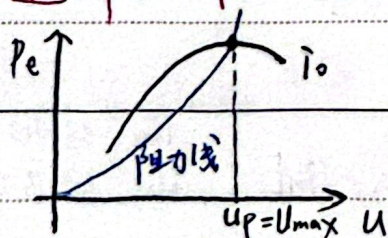
2. 最小传动比的选择.

汽车最高档位, 对应最小传动比.

总传动比: $i_t = i_g \cdot i_o \cdot i_c$

变速器传动比 ↓ 主减速器传动比 → 分动器/副变速器传动比

选择最小传动比: 使汽车最高车速 = 发动机最大功率点的车速.





3. 最大传动比的选择

最大传动比为 i_{max} ，是 1 档传动比 i_1 与主减速器传动比 i_0 的乘积， $i_{max} = i_1 \cdot i_0$

求 i_{max} $F_{max} = F_f + F_{max}$

$$\frac{T_{tgmax} \cdot i_1 \cdot i_0 \cdot \eta_T}{Y} = G \cdot f \cdot \cos \alpha_{max} + G \cdot \sin \alpha_{max}$$

$$i_1 \cdot i_0 \geq \frac{Y \cdot G (f \cos \alpha_{max} + \sin \alpha_{max})}{T_{tgmax} \cdot \eta_T}$$

或：
$$i_{max} = 0.377 \times \frac{n_{min} \cdot r}{U_{amin}}$$

4. 传动系档数与各档传动比的选择

各档位的传动比按等比级数分配：

$$\frac{i_{g1}}{i_{g2}} = \frac{i_{g2}}{i_{g3}} = \dots = q$$

从 1 档 $\rightarrow$ 2 档分析：

1). 1 档时，转速升到 n_2 时，车速：

$$U_{a1} = 0.377 \cdot \frac{n_2 \cdot r}{i_{g1} \cdot i_0}$$

2) 换上 2 档后，车速仍为 U_{a1} ，但转速降为 n_1 ：

$$U_{a1} = 0.377 \cdot \frac{n_1 \cdot r}{i_{g2} \cdot i_0}$$

联立：
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{i_{g1}}{i_{g2}} = q$$

4). 结论：每次都到 n_2 换挡，转速降为 n_1



四. 汽车的制动性.

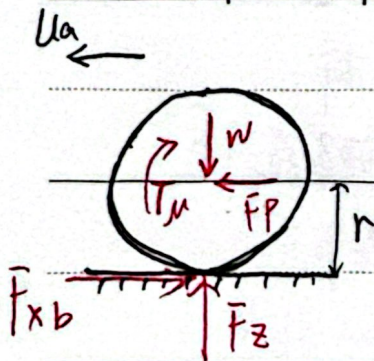
1. 制动性的评价指标:

1). 制动效能: 制动距离、减速度.

2). 制动效能的恒定性: 抗热衰退性能.

3). 制动时的方向稳定性: 不跑偏、侧滑、失去转向能力

2. 制动时车轮受力.



T_u : 摩擦片与制动鼓的摩擦力矩.

F_{xb} : 地面制动力

F_p : 车轴对车轮推力

F_z : 地面反作用力

W : 载荷.

1). 地面制动力 F_{xb} :

取决于2个因素 = ① 制动器摩擦力 $\bar{F}_u$ ② 轮与地的
 摩擦力 — 附着力 $\bar{F}_p$

2). 制动器摩擦力: $\bar{F}_u$.

$$\bar{F}_u = \frac{T_u}{r}$$

3). F_{xb} 、 $\bar{F}_u$ 、附着力之间的关系.

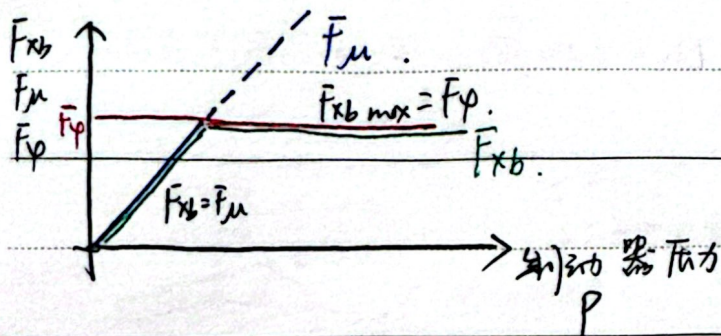
① 车速轮滚动, $\bar{F}_u$ 较小时:

$$F_{xb} = \bar{F}_u.$$



② F_{μ} 逐渐增大, 车轮不滚, 只滑。

$$F_{xb \max} = F_{\varphi} = F_z \cdot \varphi.$$



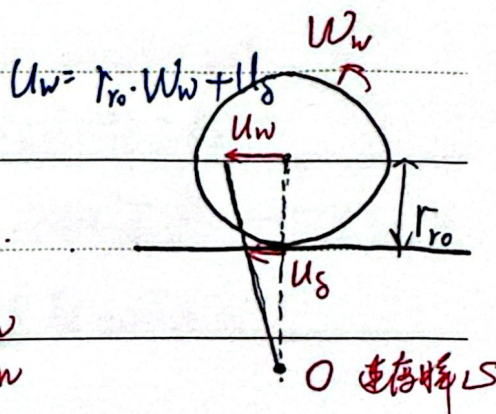
F_{xb} 达到 F_{φ} 后, 就不再增大。

4). 硬路面上的附着系数

① 纯滚动: $U_w \approx r_o \cdot W_w$

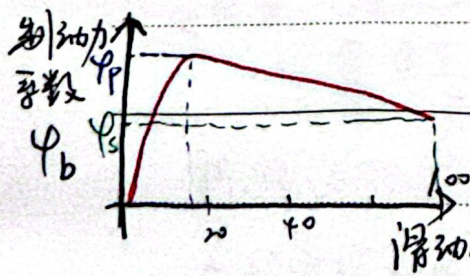
② 边滚边滑: $U_w > r_o \cdot W_w$

③ 纯滑动: $\begin{cases} U_w \gg r_o \cdot W_w \\ W_w = 0 \end{cases}$



滑动率 s : 车轮接地处速度比车轮中心速度。

$$s = \frac{U_s}{U_w} \times 100\% = \frac{U_w - r_o \cdot W_w}{U_w} \times 100\%.$$



制动力系数: $\varphi_b = \frac{F_{xb}}{F_z}$

峰值附着系数: $\varphi_p = \varphi_b \max$

滑动附着系数 φ_s 为 $s=10\%$ 时的 φ_b

侧向力系数: $\varphi_l = \frac{F_y}{F_z}$ 侧向力
垂直力



5). 滑水现象. 在某车速, 水的升力 = 车载荷, 车漂浮在水膜上, 与路面不接触.

滑水车速: $U_h = 6.34 \sqrt{P_i}$ P_i 为轮胎充气气压

3. 制动效能及其恒定性.

1). 制动减速度 a_b

$$\bar{F}_{xb} = \varphi_b \cdot G \rightarrow a_{bmax} = \varphi_b \cdot g$$

前后轮均抱死: $a_{bmax} = \varphi_s \cdot g$ ($s=100\%$)

装有 ABS: $a_{bmax} = \varphi_p \cdot g$

2) 制动距离. (风市 P.123)

4. 制动时汽车的方向稳定性.

1). 左、右车轮制动力之差

不相等度: $\Delta F_{ur} = \frac{F_{ub} - F_{ul}}{F_{ub}} \times 100\%$

F_{ub} 为大的那个制动力
 F_{ul} 为小的

前轴 $\Delta F_{ur} \leq 20\%$, 后轴 $\Delta F_{ur} \leq 24\%$

2). 制动过程.

① 若只有前轮抱死 / 前轮先抱死拖滑, 汽车基本沿直线行驶减速, 但丧失转向能力

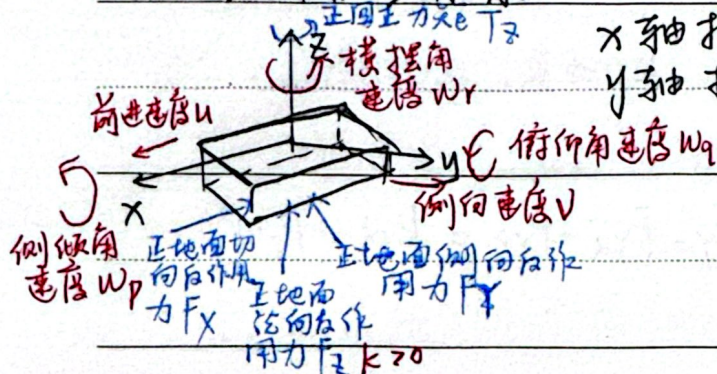
② 若后轮比前轮提前一定时间抱死拖滑, 且车速到达某一数值, 车会发生侧滑.



五. 汽车的操纵稳定性

1. 概述.

1). 车辆坐标系:



不足转向 $\rightarrow$ 转向半径 $R \uparrow$ 中性转向 $\rightarrow R$ 不变
 $k < 0$ $k = 0$
 过多转向 $\rightarrow R \downarrow$ 最好是不足转向

2. 轮胎的侧偏特性. [详见 p.161] ★

当侧偏角 α 较小, 地面对轮胎的侧向反作用力 F_y 与 α 成线性关系. $F_y = k \cdot \alpha$ k 为侧偏刚度, 一般为负.

- 影响 k 的因素:
- ① 轮胎断面高 H 与断面宽 B 之比. 高宽比/扁平率
 - ② 垂直载荷. 在一定范围内, 载荷 $\uparrow$, $k \uparrow$.
 - ③ 气压 $\uparrow$, $k \uparrow$
 - ④ 一定 α 下, 驱动力 $\uparrow$, 则 $k \downarrow$. 附着率有图.

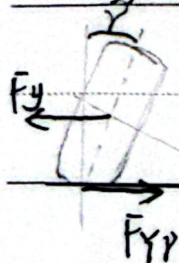
2). 回正力矩 — 绕 OZ 轴之力矩.

侧偏力 F_y 的作用点在接地印迹几何中心的后方,



偏移某一距离 e 轮胎拖距。回正力矩 $T_z = F_y \cdot e$

3. 有外倾角时轮胎的滚动。



车右轮。
向前滚动

γ 为车轮外倾角。

外倾侧向力 $F_{y\gamma} = k_\gamma \times \gamma$ 。

k_γ 为负。外倾刚度。

当有侧偏角和外倾角时，

地面总的反作用力为： $F_y = F_{y\alpha} + F_{y\gamma} = k\alpha + k_\gamma \gamma$

3. 线性二自由度模型。

1. 微分方程。

① 前提：汽车做平行于地面的平面运动。

两自由度：汽车只有沿 y 轴的侧向速度 + 绕 z 轴横摆运动。

沿 x 轴前进速度 u 不变。

侧向加速度 $< 0.4g$ 。侧偏特性处于线性范围。

[推导见 P.171-172]

2. 稳态响应。

稳态横摆角 / 转向灵敏度 $\frac{\dot{\psi}}{\delta} \Big|_s = \frac{u/L}{1 + k u^2}$ 稳态横摆角 / 转向灵敏度
速度增益 $k = \frac{m}{L^2} \left(\frac{a}{k_2} - \frac{b}{k_1} \right)$
稳态时， $\dot{\psi} = 0$ ， $\dot{\psi}_r = 0$ 。





①. 中性转向. $k=0$. $\frac{w_r}{s}/s = \frac{u}{L}$

转向半径 $R = \frac{u}{w_r} = \frac{L}{s}$.

② 不足转向 $k > 0$.

③ 过多转向 $k < 0$. 不安全.

• 临界车速 $u_{cr} = \sqrt{-\frac{1}{k}}$, 此时 $\frac{w_r}{s}/s$ 无穷大.

• 特征车速 $u_{ch} = \sqrt{\frac{1}{k}}$

①. 前、后轮侧偏角绝对值之差 $\alpha_1 - \alpha_2$.

$$k = \frac{1}{a_y \cdot L} (\alpha_1 - \alpha_2)$$

② 转向半径比 $\frac{R}{R_0}$.

车速极低, 侧向加速度接近于 0. 时 转向半径 R_0 .

$$\frac{R}{R_0} = 1 + k u^2$$

③. 静态储备系数 S.M.

使车以前、后轮产生同一侧偏角时侧向力作用点,

称为中性转向点

S.M. 为 中性转向点与质心距离 $(a'-a)$. 与轴距 L 之比.

$$S.M. = \frac{a' - a}{L}$$





4. 操纵稳定性与悬架

- 悬架的侧倾角刚度 $\rightarrow$ 悬架作用于车厢的总弹性恢复力矩

$$K_{\phi r} = \frac{dT}{d\phi_r} \rightarrow \text{车厢转角}$$

- 悬架的线刚度

车做垂直运动时, 单位车厢位移, 悬架给车的总恢复力
 相当于 $k = \frac{\Delta F}{\Delta z}$

- 车厢侧倾角

车在侧向力作用下, 绕侧倾轴线的转角.

$$\phi_r = \frac{M_{\phi r}}{\sum K_{\phi r}} \rightarrow \begin{array}{l} \text{侧倾力矩} \\ \text{悬架总的角刚度} \end{array}$$

- 侧偏时垂直载荷的分配.

左、右轮垂直载荷差别 $\uparrow$, 平均侧偏刚度 $\downarrow$,
 车前轴左、右轮载荷变动大, 汽车趋向不足转向.

