

生活中的物理学

—— 驾驶汽车的力学问题

张德乾

(广元市城北中学 四川 628000)



汽车在冰冻、盖雪的路面上,或是在松软的泥水路上行驶时,慢得像蜗牛一样,有时甚至会出现轮转而车不动的打滑现象。此时,驾驶员会急需什么?从力学的角度,他急需地面对汽车轮子的摩擦力。

汽车驾驶员为什么需要地面对车轮的摩擦力呢?为了弄清楚这个问题,就来分析一下汽车在公路上行驶的力学原理。

为了让一般读者理解下面的分析,先介绍两个力学概念。

1. 力偶:如图1所示,作用在轮子上的一对大小相等,方向相反,不共线的平行力,称为力偶。力偶使物体产生转动效应。

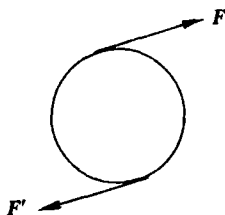


图 1

2. 力的平移定理:作用于物体上的力可以平移到物体的任一点。但必须附加一个力偶,其力偶矩等于原力对新作用点的矩。

分析汽车在以下两种情况下的受力情况。

一、静止汽车的受力情况:

G : 汽车受的重力, R_A : 地面对汽车后轮的支持力, R_B : 地面对汽车前轮的支持力。

$$R_A = G(L - a/l)$$

$$R_B = Ga/l$$

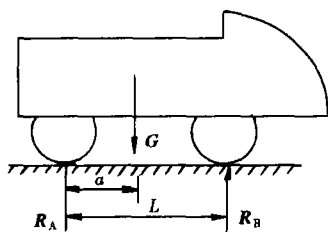


图 2

二、运动汽车的受力情况:

略去空气阻力不计, f 是后轮所受地面的摩擦力, M : 是汽车发动机传给汽车后轮轴的扭矩。运动着的汽车所受地面的支持力 R_A 与 R_B 均与竖直线

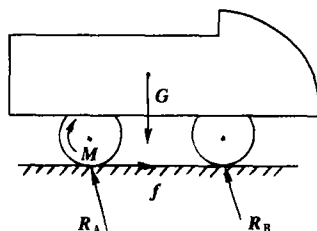


图 3

向成一倾角,倾角的大小与地面、轮胎的变形情况有关。

三、运动汽车前后轮的受力情况分析:

1. 运动汽车前轮的受力分析:

G_B : 车箱对前轮的的压力; R_B : 地面对前轮的支持力, R_{By} 与 R_{Bx} 是 R_B 的两个分力。 N_{AB} : 后轮对前轮的推力。

图4(a)为汽车前轮的受力图。

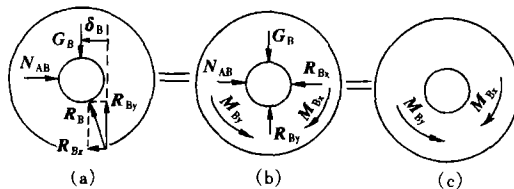


图 4

将 R_{By} 与 R_{Bx} 利用力的平移定理平移到轮轴上后,为图4(b)所示的简化图。 M_{By} : R_{By} 平移到轴上附加的力偶矩。 M_{Bx} : R_{Bx} 平移到轴上附加的力偶矩。

图4(b)中, G_B 与 R_{By} 平衡, N_{AB} 与 R_{Bx} 平衡,简化后为图4(c)。当 $M_{By} = M_{Bx}$ 车轮将作匀速转动,反之则作变速转动。

2. 汽车后轮的受力情况分析:

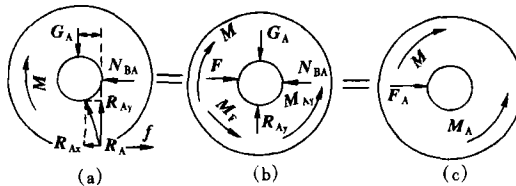


图 5

G_A : 车箱对后轮轴的的压力; R_A : 地面对汽车后轮

的支持力; f :轮胎与地面间的静摩擦力; M :汽车后轮轴受的由发动机传来的扭矩; N_{BA} :前轮对后轮的反作用力。

将 R_A 分解为 R_{Ay} 与 R_{Ax} , 设 F 为 f 与 R_{Ax} 的合力, 即: $F = f - R_{Ax}$; 利用力的平移定理将 R_{Ay} 与 F 平移到轴上, 即将力进行简化。由图 5a 变到图 5b。

M_F : F 平移到轴后附加的力偶矩。

M_{Ay} : R_{Ay} 平移到轴后附加的力偶矩。

$M_{Ay} = R_{Ay} \cdot \delta_A$ 它为后轮受的滚动摩阻。

$M_F = F \cdot D/2$

设: $M_A = M_F + M_{Ay}$

当 $M = M_A$ 时, 车轮匀速转动, 反之则作变速转动。

设: $F_A = F - N_{BA}$, $F = f - R_{Ax}$

$\therefore F_A = f - R_{Ax} - N_{BA}$

$f = G_A \cdot \mu_0$

$$R_{Ax} = \frac{2G_A \cdot \delta_A}{\sqrt{D^2 - 4\delta_A^2}}$$

$$R_{Bx} = \frac{2G_B \cdot \delta_B}{\sqrt{D^2 - 4\delta_B^2}}$$

$N_{BA} = R_{Bx}$

$$\begin{aligned} \therefore F_A &= G_A \cdot \mu_0 - \frac{2G_A \cdot \delta_A}{\sqrt{D^2 - 4\delta_A^2}} - \frac{2G_B \cdot \delta_B}{\sqrt{D^2 - 4\delta_B^2}} \\ &= G_A \cdot \mu_0 - \frac{G_A}{\sqrt{\frac{D^2}{4\delta_A^2} - 1}} - \frac{G_B}{\sqrt{\frac{D^2}{4\delta_B^2} - 1}} \end{aligned}$$

上式中: μ_0 车轮与地面间的摩擦系数, δ_A 后轮的滚动摩阻系数, δ_B 前轮的滚动摩阻系数, F_A 为汽车前进的动力。

从 F_A 的计算式中, 可知, 如果 μ_0 太小了, 汽车就会慢如蜗牛, 甚至不听使唤, 当 δ_A 或 δ_B 太大, 汽车就会出现打滑现象。

μ_0 与路面的粗糙程度有关, 在冰冻或盖雪的路面上, μ_0 太小, μ_0 小到一定程度, 人车的安全将受

到威胁。

δ_A 、 δ_B 与路面的平整、坚硬程度有关。在松软的泥水路上, δ_A 、 δ_B 就会较大, 大到一定程度, 汽车就会出现轮转而车不动的打滑现象。

从 $F_A = f - R_{Ax} - N_{BA}$, 可知, 汽车前进的动力主要来源于车轮与地面的摩擦力。那么它能否由驾驶员控制? F_A 是可以由驾驶员控制的。

由 $M = M_A$, $M_A = M_F + M_{Ay}$, $M_F = F \cdot D/2$, $F_A = F - N_{BA}$, $F \gg N_{BA}$

$\therefore F_A = F$, $M_F \approx F_A \cdot D/2$

又 $M_F \gg M_{Ay}$

$\therefore M \approx M_F$, $M \approx F_A \cdot D/2$

$\therefore F_A \approx 2M/D$

M 是汽车发动机传给后轮的扭矩, 它是可以由驾驶员进行控制的, 因此, 汽车前进的动力 F_A 是可以控制的。

又 $M = 9.55 N/n$ (N : KW) (n : 转/分)

$= 13 N/n$ (N : 马力) (n : 转/分)

汽车前进的速度 $V = \pi Dn/60$

$$\therefore F_A \approx \frac{26\pi N}{60V}$$

汽车前进的速度 V 与汽车前进的动力成反比。

四、汽车的转变问题:

设汽车运动的速度为 V , 根据汽车转变所需的向心力来源于车轮与地面的摩擦力。

$$\text{则有 } mg\mu_0 = \frac{MV^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{g\mu_0}$$

即汽车的转弯半径跟速度的平方成正比, 跟摩擦系数 μ_0 成反比。所以转弯时, 速度不能太大了, 为了安全需要转弯时, 应提前刹车减速。

封面照片说明

照片上介绍的是仿生机器人的一种——蛇形机器人, 由中国人民解放军国防科学技术大学研制。蛇形机器人因其外形和运动方式与自然界中的蛇类相似而得名。

蛇形机器人的特点是电机和控制系统分散安置在“蛇”的身体各节, 负载与动力合理分配; 运动主要以波动方式为主, 可以自如地完成前进、后退、转弯和变速等复杂动作; 安装有无线摄像控制系统, 使操

作人员随时可以获取蛇形机器人所处环境的图像与声音等信息; 给蛇形机器人装上研制出的仿真表皮, 它便可以在水面上像自然界中的蛇一样游动, 从而具备蛇类的两栖能力。

对蛇形机器人的研究具有很高的科研价值, 涉及图像识别、智能控制、探测监测和仿生等技术。蛇形机器人的应用前景也非常的广泛, 可用于工业监测、特殊环境作业、大众娱乐和军事用途等。

(李博文)

现代物理知识