

汽车使用管理中的几个问题

中国人民解放军炮兵学院训练部

一九八一年六月

目 录

第一章 汽车行驶的基本原理	1
第一节 汽车动力的产生.....	1
一、动力来源.....	1
二、扭矩、牵引力、功率.....	3
三、牵引力的增大.....	5
第二节 汽车的行驶阻力.....	10
一、滚动阻力.....	10
二、上坡阻力.....	12
三、空气阻力.....	13
第二章 充分发挥发动机的动力, 降低燃料消耗	15
第一节 衡量发动机动力和耗油量的标准.....	15
一、有效扭矩和有效功率.....	15
二、耗油率.....	16
三、耗油量.....	16
第二节 充分发挥发动机动力和降低燃料消耗的主要措施.....	17
一、尽可能保持发动机在中等转速工作.....	17
二、保持良好的进气.....	19
三、保持气缸良好的密封性.....	21
四、正确调整燃料供给.....	21
五、正确调整点火时间.....	22
六、保持发动机的正常工作温度.....	22
七、保持发动机的良好润滑.....	23
八、保持底盘的良好技术状态.....	24
九、正确的进行操作.....	25
第三章 延长发动机使用寿命, 提高大修里程	27
第一节 发动机工作时的受力分析.....	27
一、气体压力.....	27
二、往复运动机件产生的惯性力.....	28

三、旋转运动机件产生的离心力·····	29
四、相对运动机件的摩擦力·····	29
五、发动机磨损的规律·····	29
第二节 延长发动机使用寿命的主要措施·····	30
一、正确组织车辆初驶·····	30
二、减轻气缸磨损的主要措施·····	31
第四章 严格要求保障行驶安全·····	36
第一节 汽车制动性能对安全的影响·····	36
一、制动力的产生·····	36
二、制动性能的评价指标·····	37
三、汽车的制动距离·····	37
四、提高汽车制动性能的措施·····	40
第二节 汽车转向稳定性对安全的影响·····	43
一、汽车转向稳定性·····	43
二、侧滑与翻车的比较·····	45
三、提高稳定性的措施·····	45

汽车是我军炮兵的主要装备之一，它担负着牵引火炮、作战指挥、保障军事运输等任务，因而是战斗力的重要组成部分。而正确地使用和管理车辆、对车辆经常处于良好的战备状态、厉行节约、延长使用寿命、保障安全都是具有十分重要的意义。

第一章 汽车行驶的基本原理

欲使汽车运动，并保持一定的速度，必须对汽车施加一个推力，以克服汽车运动时所遇到的阻力，此推力称为牵引力。汽车在行驶过程中，存在着很多矛盾，从力学方面看，牵引力和阻力这对矛盾是基本的，主要的，通过分析这对矛盾各方面的特殊性及其间的相互关系，便可掌握汽车行驶的基本原理。

第一节 汽车动力的产生

现代汽车所用的动力装置，绝大多数是活塞式内燃机，其作用是把燃料燃烧时放出的热能转变为机械能而对外作功。

一、动力来源

汽车的动力来自发动机。燃料在气缸中燃烧时产生气体压力 p ，作用在活塞顶上（如图1所示）。此压力可达35—45公斤/厘米²，如按40公斤/厘米²，100毫米直径的活塞计算，其压力 P 就有3000公斤以上。此压力推动活塞向下运动，经连杆使曲轴旋转产生扭矩，再经飞轮、变速器、减速器传至驱动轮使驱动轮旋转运动对外作功。

燃料是由汽油和空气混合而成。因为纯汽油在气缸中燃烧速度太慢，不能在极短的时间

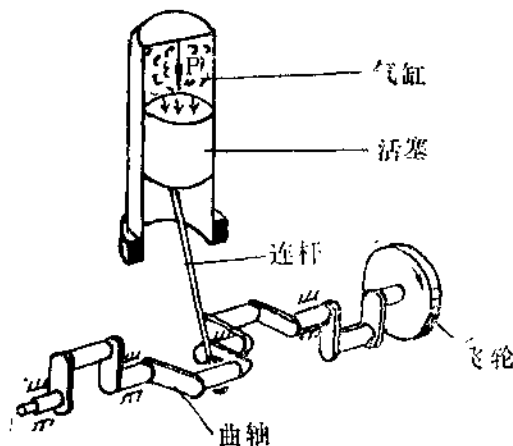


图1 动力产生基本原理

内形成高压，所以必须和空气混合形成一种燃速很快的可燃混合气。此混合气必须先将燃油雾化成极微小的油滴，使蒸发面积大大增加。目前汽油发动机中形成混合气的装置——汽化器，是利用吸入空气流的动能来实现汽油雾化的。其工作原理似喷雾器，打气时容器口部空气流速增大，压力降低，形成内外压差，将容器中的液体压出，并在高速气流的作用下液体被粉碎成细小微粒变成雾状。而且打气速度愈快压差愈大，雾化愈好。

图2表示简单汽化器的构造原理和可燃混合气的形成过程。

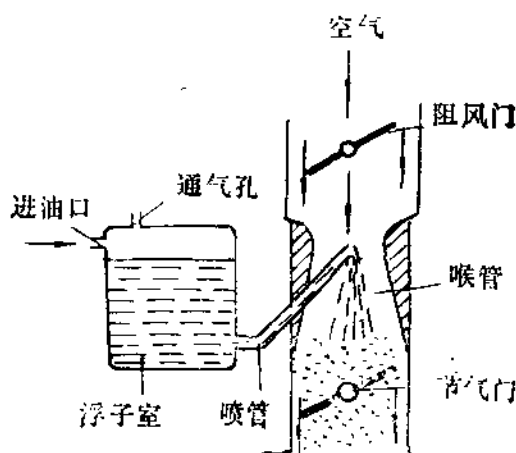


图2 简单汽化器构造和工作原理

简单汽化器必须有浮子室、喉管、喷管、阻风门、节气门。浮子室连同喷管实际上是一个壶状的容器，其中贮存来自汽油泵输送的汽油，由于喷管口高于浮子室的油面约2—5毫米，汽油不可能自动流出。浮子室顶上有孔通大气。喷管口装在喉管最窄部位，因此处空气流速最大，压力最低，与浮子室中的大气形成压差，故可将浮子室中的汽油压出，随即被高速流动的空气冲散成大小不等的雾状颗粒，即所谓雾化，雾化的汽油与空气混合经进气门被分配到各个气缸。阻风门可控制进入汽化器的空气流量。而改变节气门的开度，则可以改变可燃混合气供入气缸的数量，但节气门开度的变化还会引起可燃混合气浓度的变化。

简单汽化器的工作过程：活塞下行时，气缸内容积增大，形成低压，外界的空气在压力差的作用下流入气缸。空气流经汽化器喉管时，由于喉管较细，流动速度加快，形成低压。在压力差的作用下，迫使浮子室的汽油从喷管流出。流出的汽油被高速流动的汽流吹散，形成细小的油滴，与空气均匀混合，即形成可燃混合气进入气缸。

进入气缸的可燃混合气，在活塞上行时被压缩，其压力可达6—9公斤/厘米²，温度可达300℃左右，为点火燃烧创造了良好的条件，可燃混合气的点火是由发动机的点火系实现的。

简单的点火原理（如图3所示）。在燃烧室上方装有火花塞。气缸内压缩的混合气燃烧是靠火花塞电极间产生的电火花而引起的。在火花塞两极上加上电压后，电极之间的气体便发生电离现象。随着电极间电压的增高，气体电离程度不断加大。当电压大到一定值时（约10000—15000伏以上，火花塞两极间方才产生电火花。保证在火花塞两极间产生火花所需要的电压，称为穿透电压。穿透电压数值与电极间距离——火花塞间隙、缸内压力和温度有

关。电极间距离愈大，压力愈高，温度愈低则穿透电压愈高。根据试验，当火花塞间隙为0.5—1 mm，而压缩终了时气缸内压力为6—9 公斤/厘米²时，起动冷发动机的穿透电压达7000—8000伏。为了使工作可靠，实际上所用于火花塞上的电压总是提高到10000—15000伏。

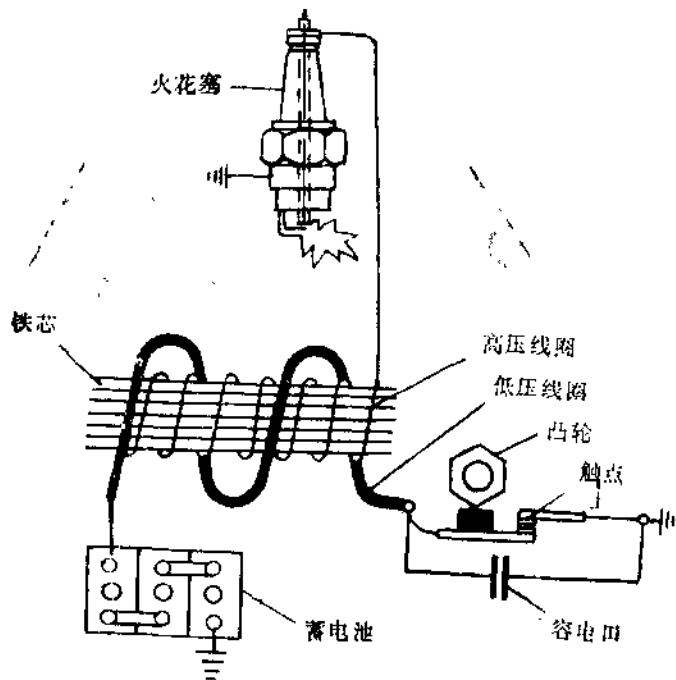


图3 简单点火原理

电源电压只有12伏，低压电流到高压电流的转变是由点火线圈和断电器共同完成的。点火线圈实际上是一个变压器，主要由低压线圈、高压线圈和铁芯组成。低压线圈匝数少(200—300匝)而导线粗，高压线圈匝数多(15000—23000匝)而导线细。断电器实际上是一个由凸轮操纵的开关。当断电器的触点闭合时，低压电流由蓄电池正极通过断电器触点、低压线圈回到蓄电池负极，低压线圈通电时周围产生磁场。当断电器触点分开时，低压电流迅速衰减至消失，因而在高压线圈中感应出很高的电压。

二、扭矩、牵引力、功率

衡量汽车的动力性能，需要涉及扭矩、牵引力、功率等概念，其基本含义如下述。

(一) 扭矩

发动机扭矩是指曲轴旋转时的扭转力矩，简称扭矩。

力矩可使物体转动，这是描述物体转动性能的一个物理量，其大小不仅取决于力的大小和方向，而且还决定于力对转轴轴心的垂直距离。例如要使曲轴转动，首先要有作用力，这就是推动活塞上下运动的气体压力，还要有曲轴臂，就是必须还要有力臂——即主轴颈到连杆轴颈间距离。因而：

扭矩 (M_e) = 作用力 (公斤) × 力臂 (米)

从上式可以看出, 不论增大作用力或增长力臂都可以使扭矩增大。扭矩单位以公斤·米表示。

(二) 牵引力

发动机发出的扭矩 M_e , 经传动系传到驱动车轮上, 使驱动轮产生扭矩 $M_{驱}$, 力图使驱动轮转动。由于轮胎与地面接触, 在扭矩 $M_{驱}$ 的作用下, 驱动轮的边缘对地面作用一个周缘力 P_0 。(如图4所示), 方向与汽车行驶方向相反, 其数值由下式表示。

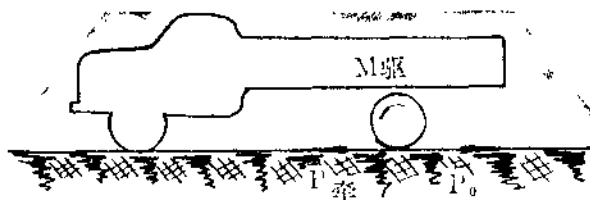


图4 牵引力的产生

$$P_0 = \frac{M_{驱}}{r_{驱}} \text{ 公斤}$$

式中: $M_{驱}$ ——驱动车轮上的扭矩单位是公斤·米;

$r_{驱}$ ——车轮工作半径, 单位是米。

在产生 P_0 的同时, 地面必然会给轮胎边缘施加一个反作用力 $P_{牵}$, 根据作用力和反作用力的关系, $P_{牵}$ 与 P_0 的数值大小相等而方向相反, 即 $P_{牵}$ 的作用力方向与汽车行驶方向相同。 $P_{牵}$ 就是推动汽车行驶的外力, 叫做牵引力。

因 $P_{牵}$ 的大小在数值上等于 P_0 , 即 $P_{牵} = P_0$ 。所以上式可以写成:

$$P_{牵} = \frac{M_{驱}}{r_{驱}}$$

如解放CA10B汽车发动机最大扭矩为31公斤·米, $r_{驱}$ 为0.485米。则产生的牵引力为:

$$P_{牵} = \frac{31}{0.485} = 64.6 \text{ 公斤}$$

(三) 功率

力作用于某一物体上使其移动, 称为做功。功的大小可以用力和物体移动距离的相乘积来计算。即:

$$\text{功} = \text{力} \times \text{距离}$$

例如用500公斤的力, 使活塞下移0.1米, 所做的功即为:

$$500 \text{ 公斤} \times 0.1 \text{ 米} = 50 \text{ 公斤} \cdot \text{米}$$

要比较做功的效率, 应看单位时间内做功的多少。单位时间内所做的功称为功率, 用公斤·米/秒表示。假定上例中活塞每秒钟上下运动20次, 则功率为:

$$50 \text{ 公斤} \cdot \text{米} \times 20 \text{ 次/秒} = 1000 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒}$$

功率在工程上常用马力表示, 并规定 1 马力 = 75 公斤·米/秒。这就是说: 1 马力即等于把75公斤的重量每秒钟提高1米。

发动机的功率(有效功率), 是指曲轴在单位时间内输出的功。它表示发动机的工作能

力。

发动机作功时，气体燃烧产生的作用力，通过活塞连杆使曲轴、飞轮旋转并带动传动系各机件，从而对外作了功。设飞轮边缘受到的作用力 F （公斤），则飞轮每转一周所做的功等于 $F \times 2\pi r$ （ F 为飞轮半径，单位用米），而每分钟转 n 转时所做的功，即功率为：

$$\begin{aligned} \text{功率 (N)} &= F \times 2\pi r \times n \text{ (公斤} \cdot \text{米/分)} \\ &= \frac{F \times 2\pi r \times n}{60} \text{ (公斤} \cdot \text{米/秒)} \end{aligned}$$

折合成马力，则除以75

$$\text{功率 (N}_e\text{)} = \frac{F \times 2\pi r \times n}{75 \times 60} \text{ (马力)}$$

式中： $F \times r$ 是飞轮上的扭矩

$$\frac{2\pi}{75 \times 60} \text{ 化简为 } \frac{1}{716.56}$$

上式可写成

$$N_e = \frac{M_e \times n}{716.56} \text{ (马力)}$$

从式中可以看出，功率 N_e 与发动机扭矩 M_e 和转速 n 成正比。

三、牵引力的增大

驱动车轮扭矩地大小决定于发动机的扭矩 M_e ，其次还决定于传动系传动比 i 的大小，同时在传递过程中必然会有功率损失，一般以效率 η 来表示。载重汽车的传动效率 $\eta_t = 0.8 - 0.95$ ，越野汽车的 $\eta_t = 0.75 - 0.85$ 。因此牵引力的大小可按下式计算。

$$P_* = \frac{M_e \cdot i_{\Sigma} \cdot i_{\text{减}} \cdot \eta_t}{r_{\text{驱}}}$$

对于有分动器的越野汽车，公式中应计入分动器速比 $i_{\text{分}}$ 。

汽车前进时的最大牵引力决定于发动机的最大扭矩和最大的传动比。如解放CA10B汽车发动机的最大扭矩为31公斤·米，第一档速比 $i_{\Sigma} = 6.24$ ， $i_{\text{减}} = 7.63$ ， $\eta_t = 0.86$ ， $r_{\text{驱}} = 0.485$ 米。则产生的最大牵引力为：

$$P_* = \frac{31 \times 6.24 \times 7.63 \times 0.86}{0.485} = 2600 \text{ 公斤}$$

如解放CA30A型越野汽车最大扭矩为35公斤·米，第一档速比 $i_{\Sigma} = 7.7$ ， $i_{\text{减}} = 5.5$ ， $i_{\text{分}} = 2.44$ ， $\eta_t = 0.85$ ， $r_{\text{驱}} = 0.54$ 米。则产生的最大牵引力为：

$$P_* = \frac{35 \times 7.7 \times 5.5 \times 2.44 \times 0.85}{0.54} = 5692 \text{ 公斤}$$

从上式计算中可知，传动比、传动效率对增大与减小牵引力起了很大作用。因此，汽车的传动系就是把发动机发出的扭矩成数倍的增加并传递给驱动轮，使驱动轮得到不同的转速和扭矩。

（一）传动比（速比）的概念

齿轮传动中扭矩和转速的变化关系，常用传动比（速比）来表示。传动比就是主动齿轮的转速与从动齿轮的转速之比，或从动齿轮的扭矩与主动齿轮的扭矩之比。

1. 转速的变化: 由于一对齿轮是逐齿啮合而进行传动的, 因而在相同时间里, 两个齿轮参加啮合的齿数必定相等。所以大小相同的两个齿轮传动时, 齿数是相等的。主动齿轮转一转, 从动齿轮也转一转, 其转速是一样的, 速比为 i 。即:

$$\text{速比}(i) = \frac{\text{主动齿轮转速}(n_{\text{主}})}{\text{从动齿轮转速}(n_{\text{从}})} = 1$$

当大小不同的两个齿轮传动时, 如主动齿轮小, 有15个齿, 从动齿轮大, 有30个齿, 主动齿轮转两转, 从动齿轮才转一转, 速比为2。即:

$$i = \frac{2}{1} = 2$$

因为在同一时间内转过的齿数是相等的, 所以速比的大小也可用从动齿轮齿数与主动齿轮齿数之比来表示。

$$i = \frac{\text{从动齿轮齿数}(Z_{\text{从}})}{\text{主动齿轮齿数}(Z_{\text{主}})}$$

如主动齿轮大, 有30个齿, 从动齿轮小, 有15个齿, 主动齿轮转一转, 从动齿轮转两转, 其速比为0.5。即:

$$i = \frac{Z_{\text{从}}}{Z_{\text{主}}} = \frac{15}{30} = 0.5$$

由上可知, 当 $i = 1$ 时, 转速相等; $i > 1$ 时, 转速降低; $i < 1$ 时, 转速增加。如知道了速比的大小和主动轮的转速, 就可算出从动轮的转速。

$$n_{\text{从}} = \frac{n_{\text{主}}}{i}$$

假设主动轮的转速为每分钟1000转, 速比为5, 则从动轮的转速为每分钟200转。

$$n_{\text{从}} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ 转/分}$$

2. 扭矩的变化: 扭矩的大小决定于力的大小和力臂的长短。一对齿轮传动时, 其力臂即为齿轮半径 (如图5所示), 作用在主动齿轮上的力与作用在从动齿轮上的力, 其大小是相等的 (作用力和反作用力的大小相等), 因此, 齿轮上所受扭矩大小与齿轮半径有关 (成正比)。齿轮越大 (半径越大), 扭矩越大。

例如, 主动齿轮承受的扭矩 $M_{\text{主}}$ 为20公斤·米, 主动齿轮的半径 $R_{\text{主}}$ 为5厘米。则主动齿轮上产生的力 P 为:

$$M_{\text{主}} = PR_{\text{主}}$$

$$P = \frac{M_{\text{主}}}{R_{\text{主}}} = \frac{20 \text{ 公斤} \cdot \text{米}}{0.05 \text{ 米}} = 400 \text{ 公斤}$$

P 力推动从动齿轮转动, 如从动齿轮的半径 $R_{\text{从}}$ 为10厘米, 因半径大, 产生的扭矩也大。

$$M_{\text{从}} = PR_{\text{从}} = 400 \times 0.1 = 40 \text{ 公斤} \cdot \text{米}$$

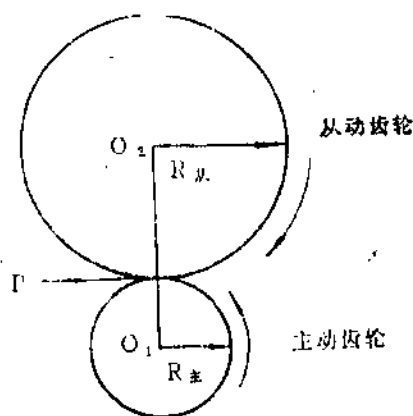


图5 扭矩的传递

因为从动齿轮扭矩与主动齿轮扭矩之比即为从动齿轮的半径与主动齿轮的半径之比，亦即齿轮的传动比。

$$\frac{M_{从}}{M_{主}} = i$$

$$M_{从} = M_{主} \cdot i$$

综合上述，齿轮的传动比与扭矩，转速、齿数和半径的关系式为：

$$i = \frac{M_{从}}{M_{主}} = \frac{R_{从}}{R_{主}} = \frac{Z_{从}}{Z_{主}} = \frac{n_{主}}{n_{从}}$$

所以，齿轮传动时，从动齿轮的转速与传动比成反比，从动齿轮的扭矩与传动比成正比。如小齿轮代大齿轮时，则转速降低而扭矩增加；大齿轮带动小齿轮时，则转速增加而扭矩减小。

（二）减速增扭——减速器、变速器

汽车的减速增扭是由传动系的减速器和变速器来实现的。

减速器一般均采用齿轮式传动，它将输入的扭矩增大，同时降低输出的转速，以保证汽车有足够的牵引力和合适的行驶速度。汽车在良好道路上行驶，道路阻力较小，只需要减速器的增扭，就能克服阻力。

减速器还能改变动力传递方向（90°）。

解放CA10B汽车减速器（如图6所示）。它由两对减速齿轮组成，第一级减速齿轮是螺旋锥齿轮，速比为 $\frac{25}{11} = 2.27$ 兼起增扭、降速和改变动力传递方向的作用；第二级减速齿轮是

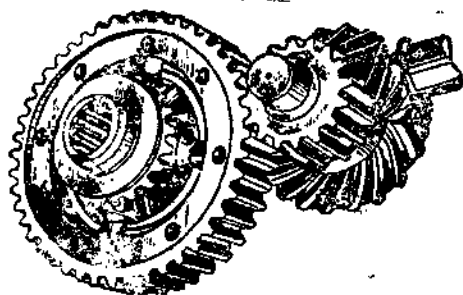


图6 减速器

斜齿圆柱齿轮，速比为 $\frac{47}{14} = 3.36$ ，它进一步增扭减速。减速器的总传动比是 $2.27 \times 3.36 = 7.63$ 。

汽车变速器有不同的档位，各档有不同的传动比，汽车根据行驶要求，利用不同的档位来得到相应的牵引力和行驶速度。

变速器是一套齿轮传动机构。如解放CA10B汽车变速器的齿轮传动情况（如图7所示）。

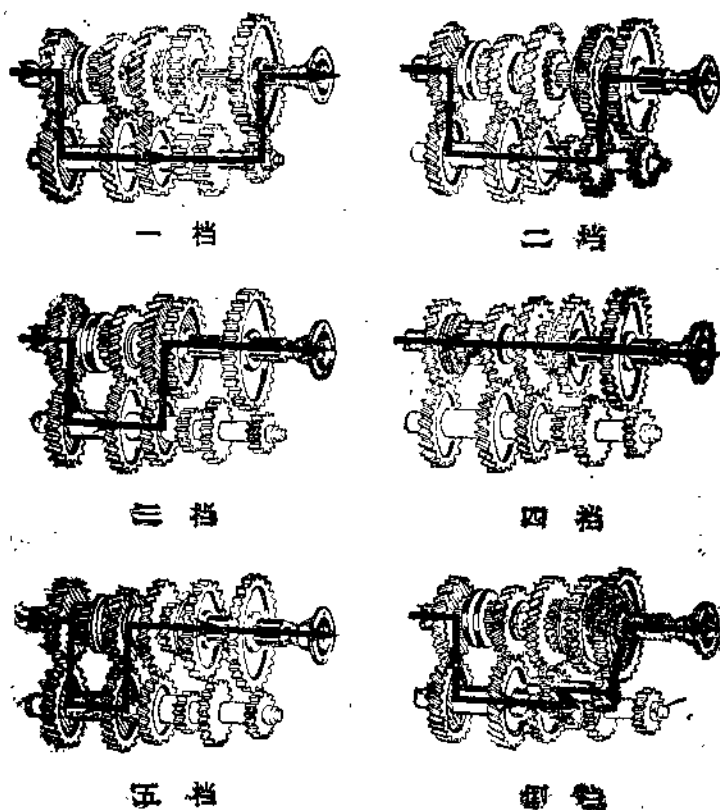


图7 变速器齿轮传动情况

汽车前进时的最大牵引力决定于发动机的最大扭矩和变速器的档位。

解放CA10B汽车各档的最大牵引力和相应的行驶速度为：

一档	$P_{\text{牵}}=2600$ 公斤	$V=4.8$ 公里/小时
二档	$P_{\text{牵}}=1390$ 公斤	$V=9.0$ 公里/小时
三档	$P_{\text{牵}}=800$ 公斤	$V=16$ 公里/小时
四档	$P_{\text{牵}}=420$ 公斤	$V=30$ 公里/小时
五档	$P_{\text{牵}}=340$ 公斤	$V=36$ 公里/小时
倒档	$P_{\text{牵}}=2800$ 公斤	$V=4.5$ 公里/小时

汽车起步后，其行驶情况取决于牵引力与汽车行驶所受到的各种阻力之间的关系。

在水平路上等速行驶时，牵引力用来克服滚动阻力和空气阻力， $P_{\text{牵}}=P_{\text{滚}}+P_{\text{空}}$ 。

在复杂道路上行驶，因速度降低， $P_{\text{空}}$ 很小可略去不计，牵引力主要用来克服滚动阻力。

在良好的路面上行驶时，滚动阻力较小（因 f 小）但速度较高，因而要考虑 $P_{\text{空}}$ 的影响。

汽车等速上坡时，一般速度不大，空气阻力影响小，特别在泥泞松软等路面上坡时，还有较大的滚动阻力，牵引力主要用来克服滚动阻力和上坡阻力， $P_{\text{牵}}=P_{\text{滚}}+P_{\text{坡}}$

当 $P_{\text{牵}} > P_{\text{滚}} + P_{\text{坡}} + P_{\text{空}}$ 时汽车将加速行驶。

（三）牵引力与附着力

牵引力的增加或牵引力的最大值不仅决定于发动机的最大扭矩和传动系的传动比，还受

到轮胎与路面附着性能的限制，在使用过程中，人们希望牵引力大一些，但牵引力不能无限制的增大，因为要受到轮胎与地面接触强度的限制。如在冰、雪地或泥泞路面上行驶，驱动轮常出现打滑现象。加大油门试图增大牵引力，汽车仍不能前进，仅仅是驱动轮加速滑转而已，并不能增大牵引力。由此可见，路面状况的好坏，是保证汽车行驶的一个重要因素，路面状况好则接触强度大附着性能好，可以增大汽车的牵引力。所谓附着力就是轮胎与地面开始打滑时的力叫附着力（ $P_{\text{附}}$ ），当牵引力达到附着力时，车轮就滑转。因此，保证汽车正常行驶的条件是：

$$P_{\text{牵}} \leq P_{\text{附}} \leq P_{\text{重}} + P_{\text{风}} + P_{\text{阻}}$$

附着力的多少，随驱动轮负重的大小和道路情况的变化而变化。驱动轮负重越大，轮胎与地面接触强度越大，则附着力也越大，即： $P_{\text{附}} = G_{\text{驱}} \varphi$

式中： G ——作用在驱动轮上的重量（附着重量）； φ ——附着系数。

通过试验，同样的路面上，附着力与附着重量之比是个常数，就是附着系数：

$$\frac{P_{\text{附}}}{G_{\text{驱}}} = \varphi$$

因为汽车行驶时，附着力的多少，是对驱动轮而言，所以附着重量即为驱动轮的负重。如空载的解放CA10B汽车（总重3300公斤，后轮负重为2100公斤）在冰、雪路上，测得附着力为315公斤，则 $\varphi = \frac{315}{2100} = 0.15$

当满载时（总重为8025公斤，后轮负重为6095公斤），在同样路面上测得附着力914公斤，

$$\text{则 } \varphi = \frac{914}{6095} = 0.15$$

不同路面的附着系数（见表1）

不同路面的附着系数

表 1

路面类型	状况	低压胎	越野胎
沥青或混凝土路面	干	0.7~0.8	0.7~0.8
	湿	0.45~0.55	0.5~0.6
沥青路面	污染	0.25~0.40	0.25~0.45
	夏季	0.3	
卵石路面	干	0.5~0.55	0.6~0.7
	湿	0.6~0.7	0.6~0.7
碎石路面	干	0.4~0.5	0.4~0.55
	湿	0.5~0.6	0.5~0.6
土路	干	0.3~0.45	0.35~0.5
	湿	0.15~0.25	0.2~0.3
沙路	干	0.3	
	湿	0.2~0.4	0.2~0.3
沙质荒地	干	0.4~0.5	0.4~0.5
	湿	0.45~0.55	0.4~0.5
粘土荒地	干	0.25~0.4	0.3~0.45
	稀湿	0.15~0.25	0.15~0.25
积雪荒地	松软	0.2~0.4	0.2~0.4
	压实	0.2~0.25	0.3~0.5
结冰路面	零下气温	0.1~0.2	0.05~0.1

从(表1)中看出附着系数的大小与路面坚硬的程度有关,另外与轮胎的花纹大小和深浅有关。

如果知道了汽车重量和附着重量,就可以从表1中查出某一道路的附着系数,算出附着力的大小。

如满载的解放CA10B汽车行驶在平坦的干沙路面上,附着系数为0.3,附着力为:

$$P_{附} = G_{附} \cdot \varphi = 6095 \times 0.3 = 1830 \text{ 公斤}$$

汽车在上述路面上行驶时因为车速较低,没有坡度,所以行驶阻力主要是滚动阻力,可认为 $P_{牵} = P_{滚}$ 。若 f 取0.2则滚动阻力为: $P_{滚} = G_a \times f = 8025 \times 0.2 = 1605$ 公斤,通过以上计算可知, $P_{牵} < P_{附}$,所以地面提供足够的附着力,车轮不会打滑;同时还可以确定汽车用那一档位才能产生足够的牵引力去克服行驶阻力。如解放CA10B汽车在二档时的最大牵引力是1390公斤,一档时的最大牵引力为2600公斤,所以只能用一档才能通过。

第二节 汽车的行驶阻力

汽车行驶时,会遇到阻碍汽车运动的各种阻力。如果汽车作等速直线行驶,所受到的阻力有:车轮与地面的滚动阻力;爬坡时的上坡阻力;空气对汽车的阻力。

一、滚动阻力

汽车滚动阻力的产生,主要是车轮在汽车总重量的作用下,轮胎和路面发生变形的结果。由于这些变形而阻碍车轮滚动的力,叫滚动阻力。

车轮在硬路面上(如沥青、水泥路面)滚动时,主要是轮胎变形(如图8A所示)。车轮滚动

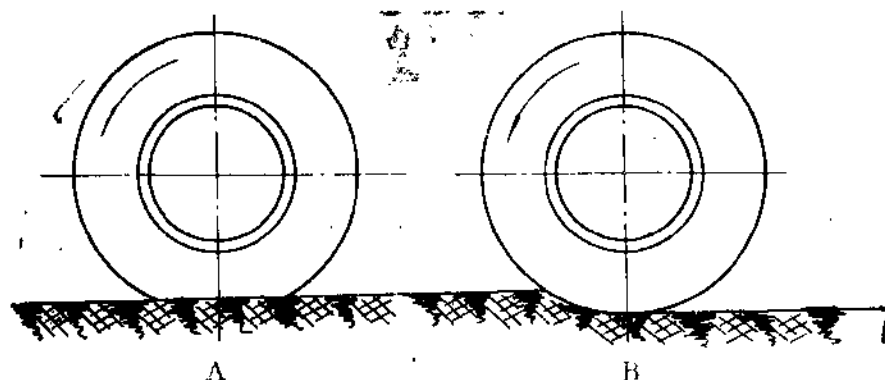


图8 车轮滚动时轮胎与路面变形情况

时,轮胎接地的前部发生挤压现象,而后部呈现拉伸状态,使轮胎内部摩擦生热,消耗一部分能量。汽车重量越大,轮胎气压越低,则轮胎变形(轮胎内摩擦)越严重,滚动阻力就越大。

在松软路面上(如松土路、砂地、雪地等)滚动时,轮胎变形很小,主要是路面变形(如图8B所示)。消耗的能量是由于轮胎和路面间的外摩擦所造成,汽车重量越大,路面

越松软，则变形（外摩擦）越大，滚动阻力就越大。

由上可知，汽车的滚动阻力 P_k 是一种经常作用在行驶着的汽车上的阻力。其数值大小与汽车总重量 G_a 和轮胎的气压及路面状况有关。当汽车轮胎气压符合标准并在水平路面上作等速行驶时，滚动阻力的大小决定于汽车总重量和路面状况。通过试验，在同一路面上，滚动阻力与重量之比是不变的数值（即单位重量的滚动阻力为常数）。

$$\frac{P_k}{G_a} = f$$

式中： f ——滚动阻力系数。

如果已知某一路面的滚动阻力系数时，即可算出某一重量的汽车在该路面上的滚动阻力。例如满载的解放CA10B汽车（总重为8025公斤），在滚动阻力系数为0.016的路面（良好的柏油路）上等速行驶时，其滚动阻力的大小为：

$$P_k = G_a \times f = 8025 \times 0.016 = 128 \text{ 公斤}$$

这说明满载的解放CA10B汽车，在良好的沥青路面上等速行驶时，只需克服128公斤的滚动阻力。

各种路面的滚动阻力系数是通过试验测定的，数值（见表2）

滚动阻力系数 f 值

表 2

路 面 类 型	滚 动 阻 力 系 数
良好的沥青或混凝土路面	0.015~0.018
一般的沥青或混凝土路面	0.018~0.020
砖砌或碎石路面	0.020~0.025
良好的卵石路面	0.025~0.030
坑洼的卵石路面	0.035~0.050
坚实干燥平整土路	0.025~0.035
雨后土路	0.050~0.150
泥泞土路（雨季或解冻期）	0.100~0.250
干砂路面	0.100~0.300
湿砂路面	0.060~0.150
粘土质干燥荒地	0.040~0.060
粘土质潮湿荒地	0.100~0.200
粘土质稀湿荒地	0.200~0.300
结冰路面或冰道	0.015~0.030
雪 路	0.030~0.050

汽车在使用中, 轮胎气压的变化对滚动阻力系数的大小有显著的影响。在硬路面上, 若降低轮胎气压, 由于轮胎变形增大, 滚动阻力系数有明显的升高。在松软路面上行驶的汽车, 降低轮胎气压可增大轮胎与路面的接触面积, 降低轮胎对路面的单位压力, 减小路面变形, 因而滚动阻力减小, 能提高汽车通过能力。

在有坡度的道路上行驶的汽车, 造成轮胎与路面变形的重量是垂直于路面的分力 (如图9所示)。如坡度角为 α , 则垂直于路面的分力为 $G_a \cos \alpha$, 所以影响滚动阻力的大小决定于:

$$P_{\text{滚}} = G_a \cos \alpha$$

坡度角越大, $G_a \cos \alpha$ 越小 (因为 $\cos$ 总是 < 1), 滚动阻力也越小。

实际上汽车在坡道上行驶比较费劲, 但这并不是滚动阻力造成的, 而是因为产生了上坡阻力造成的。

二、上坡阻力

汽车上坡时, 它的重量在平行于路面方向上产生一个分力 $G_a \sin \alpha$ (如图9所示), 这就是阻止汽车上坡的力, 称为上坡阻力。上坡阻力的大小与汽车重量和坡度角有关, 它们之间的关系为:

$$P_{\text{坡}} = G_a \sin \alpha$$

$P_{\text{坡}}$ 的大小随坡道倾角 α 和重量 G_a 的增加而增加。上坡时为克服汽车上坡阻力所作的功并未白白地消耗掉, 而是转变为汽车的位能被贮存起来。当汽车下坡时, 所贮存的位能又转变为汽车的动能, 此时即使发动机不工作, 汽车也能行驶。

一般公路的坡度都用百分数表示。例如, 我国西南地区公路的最大坡度约为15—17%, 它的实际意思是指道路沿水平方向长100米要升高15—17米。

从图10中可以看出: $\tan \alpha = h\% = i$ 所以坡度的百分数就是坡度角的正切。汽车经常遇到的坡度不可能很大, 根据交通部颁发的公路工程设计准则, I级和II级路面允许的最大坡度分别为4%和9%。因此在一般条件下, 坡度角 $\alpha < 10^\circ$, 则 $\sin \alpha$ 近似于 $\tan \alpha$ 。所以公式又可写成:

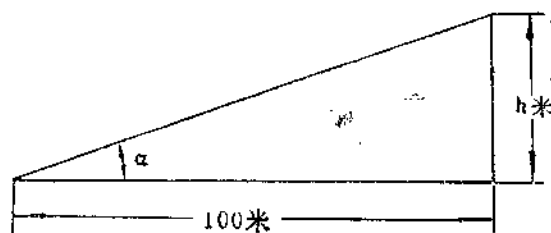


图10 公路坡度简图

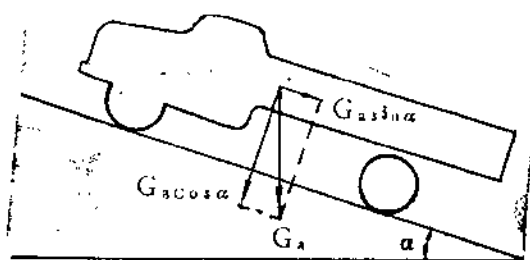


图9 汽车上坡时的受力

$$P_d \approx G_a \tan \alpha$$

由于滚动阻力和上坡阻力都是与路面状况有关的阻力，而且他们的大小都是与汽车重量成正比，所以把这两个阻力统称为道路阻力。

三、空气阻力

汽车与空气相对运动时，在汽车周围形成涡流（如图11所示），使汽车前、后部份产生压力差，以及空气与汽车表面的摩擦，均对汽车运动产生阻力，通常称这种阻力为空气阻力，这种阻力的大小与汽车的行驶速度、迎风面积和汽车的外表形状有关。

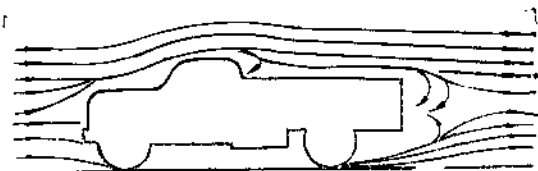


图11 空气阻力形成

汽车行驶速度对空气阻力的影响最为显著，空气阻力与速度的平方成正比，即速度提高一倍，空气阻力增加三倍。

空气阻力 P_d 与迎风面积 F 成正比。迎风面积大，空气阻力就大；迎风面积小，则空气阻力也小。迎风面积一般可以粗略计算，即汽车的前轮距 B 与汽车高度 H 的乘积。

$$F = BH \text{ 米}^2$$

汽车类型不同，迎风面积也不同（见表3）

汽车的外部形状、外部机件布置位置和外表光滑程度对空气阻力的大小也有一定的影响。如果车身做成流线型，将会使空气阻力显著减小。流线型一般用流线性系数 K （也叫空气阻力系数）表示。

空气阻力可用下式表示：

$$P_d = \frac{KFV^2}{13} \text{ 公斤}$$

式中：

K ——空气阻力系数，单位是公斤秒²/米⁴（见表3）；

F ——汽车迎风面积，单位是米²；

V ——汽车行驶速度，单位是公里/小时。

一般汽车的空气阻力系数和迎风面积

表3

汽车类型	迎风面积（米 ² ）	空气阻力系数 K （公斤秒 ² /米 ⁴ ）
小 客 车	1.5~2.6	0.015~0.03
载重汽车	3.0~6.0	0.05~0.07
公共汽车	4.0~6.5	0.025~0.05

如载重汽车以70公里/小时的速度行驶时，取 $\bar{F}=5$ ， $K=0.06$ 。则：

$$P_{\pm} = \frac{KFV^2}{13} = \frac{0.06 \times 5 \times 70^2}{13} = 113 \text{ 公斤}$$

由于：

$$\text{功 (W)} = FS$$

$$\text{功率 (N)} = \frac{W}{t}$$

$$N = \frac{W}{t} = \frac{FS}{t} = FV$$

$$\text{当 } V = 70 \text{ 公里/小时} = \frac{70000}{3600} = 19.4 \text{ 米/秒}$$

$$N = 113 \times 19.4 = 2192.2 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒}$$

$$N = \frac{2192.2}{75} = 29.2 \text{ 马力}$$

车速70公里/小时，消耗的发动机功率约29.2马力。

$$\text{当 } V = 20 \text{ 公里/小时} = \frac{20000}{3600} = 5.6 \text{ 米/秒}$$

$$P_{\pm} = \frac{0.06 \times 5 \times 20^2}{13} = 9 \text{ 公斤}$$

$$N = 9 \times 5.6 = 50.4 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒}$$

$$N = \frac{50.4}{75} = 0.672 \text{ 马力}$$

车速20公里/小时，消耗的功率只有0.672马力。

由上述可见，当汽车以等速在水平路面上行驶过程中，始终受到滚动阻力和空气阻力的作用。在一般行驶速度下，滚动阻力是主要的，而空气阻力则由于车速不高而相对比滚动阻力小得多。汽车上坡时才产生上坡阻力。发动机克服滚动阻力和空气阻力所做的功纯属消耗性的，但作为克服上坡阻力所做的功，则变成汽车的能量而贮存起来，在汽车下坡时，贮存的能量又可转变为汽车前进的动能。