

第一篇 汽车使用技术

第一章 汽车的性能评价与选购

第一节 汽车的主要性能

汽车是一种高效率、高机动性的运输工具，其运输的高效率是由其在各种使用条件下的各种性能来保证的。本节重点讲述汽车的各主要性能。

一、汽车的动力性

汽车的动力性是指汽车在良好路面上直线行驶时由汽车受到的纵向外力决定的、所能达到的平均行驶速度。它表示了汽车以最大可能的平均行驶速度运送货物或乘客的能力。汽车的动力性是汽车各种使用性能中最基本、最重要的性能。

1. 汽车动力性的评价指标

从获得尽可能高的平均行驶速度的观点出发 汽车动力性主要可由下面三个指标来评定。

1) 汽车的最高车速

汽车的最高车速是指在水平良好的路面（混凝土或沥青路）上汽车能达到的最高行驶车速。

2) 汽车的加速时间

汽车的加速时间表示汽车的加速能力。常用原地起步加速时间和超车加速时间来表示汽车的加速能力。原地起步加速时间是指由第 I 挡或第 II 挡起步，并以最大的加速强度（包括选择恰当的换挡时机）逐步换至最高挡后达到某一预定的距离或车速所需要的时间。超车加速时间是指用最高挡或次高挡由某一较低车速全力加速至某一高速所需的时间。因为超车时汽车与被超车辆并行，容易发生安全事故，所以超车加速能力强，并行行程短，行驶就安全。一般常用 $0 \rightarrow 400\text{m}$ 的秒数或用 $0 \rightarrow 100\text{km/h}$ 所需的时间来表明原地起步加速能力。超车加速能力还没有一致的规定，采用较多的是用最高挡或次高挡由某一中等车速全力加速行驶至某一高速所需的时间。轿车对加速时间尤为重视。

3) 最大爬坡度

汽车的爬坡能力是用满载（或某一载质量）时汽车在良好路面上的最大爬坡度来表示的。显然，最大爬坡度是指 I 挡最大爬坡度。轿车最高车速大，加速时间短，经常在较好的道路上行驶，一般不强调它的爬坡能力。对货车一般最大爬坡度在 30% 即 16.5° 左右，越野汽车可达 60% 即 30° 左右或更高。

我国评价车辆动力性的常用指标是加速能力和最大爬坡度，它们比最高车速更具实用意义。

2. 汽车的驱动力和行驶阻力

确定汽车的动力性，就是确定汽车沿行驶方向的运动状况。为此需要分析汽车沿行驶方向受到的各种外力，即驱动力与行驶阻力。根据这些力的平衡关系，建立汽车的行驶方程式，就可以估算汽车的最高车速、加速度和最大爬坡度。

3. 汽车行驶的附着条件

一般来讲汽车驱动力大，加速能力好，爬坡能力也好。但这个结论只有在轮胎与路面有足够大的附着力时才能成立。在潮湿的沥青路面上附着性能差时，大的驱动力可能引起车轮

在路面上急剧加速滑转，地面切向反作用力并不很大，动力性也未进一步提高。由此可见，汽车的动力性不只受驱动力的制约，还受到轮胎与地面附着条件的限制。

二、汽车的燃油经济性

在保证动力性的条件下，汽车以尽量少的燃油消耗量经济行驶的能力，称为汽车的燃油经济性。

发动机的燃油消耗率与排放污染有密切关系，应在保证排放达到有关法规要求的前提下降低发动机的燃油消耗率，提高汽车的燃油经济性。

1. 汽车燃油经济性的评价指标

汽车燃油经济性的评价通常用一定运行工况下汽车行驶一百公里的燃油消耗量或一定量的燃油能使汽车行驶的里程数来衡量。

在我国及欧洲，燃油经济性指标的单位为 $L/100km$ ，即行驶一百公里消耗的燃油升数。其数值越大，汽车燃油经济性越差。美国为 MPG 即 $mile/USgal$ ，指每加仑燃油能行驶的英里数。这个数值越大，汽车燃油经济性越好。

等速行驶百公里燃油消耗量是常用的一种评价指标。它指汽车在额定载荷下以最高挡在水平良好路面等速行驶 100km 的燃油消耗量。常测出每隔 10km/h 或 20km/h 速度间隔的等速百公里燃油的消耗量，然后在图上连成曲线，称为等速百公里燃油消耗量曲线，用它来评价汽车的燃油经济性。

但是等速行驶工况并没有全面反映汽车的实际运行情况，特别是在市区行驶的频繁加速、减速、怠速停车等行驶工况。因此，各国都制定一些典型的循环行驶试验工况来模拟实际汽车运行状况，并以其百公里燃油消耗量来评价相应行驶工况的燃油经济性。

2. 汽车燃油经济性的计算

一般可根据发动机台架试验得到的万有特性图与汽车功率平衡图，对汽车燃油经济性进行估算。下面介绍燃油经济性循环行驶试验工况的各个工况，如等速行驶、加速、减速和怠速停车等行驶工况的燃油消耗量计算方法。

1) 等速行驶工况燃油消耗量的计算

图 1-1 为一汽车发动机万有特性曲线。在万有特性图上有等燃油消耗率曲线。根据这些曲线，可以确定发动机在一定转速 n ，发出一定功率 p_e 时的燃油消耗率 b 。为了

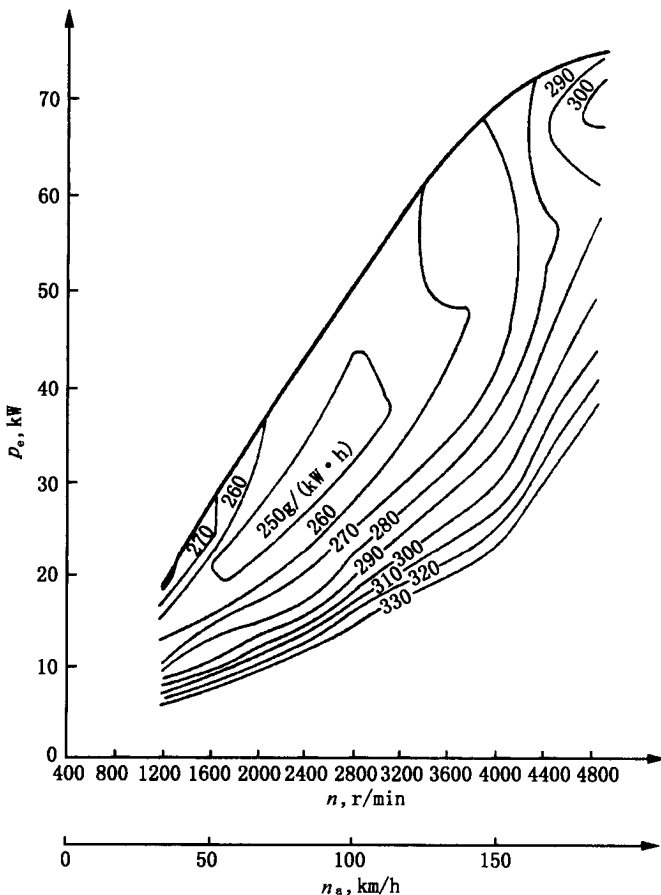


图 1-1 汽油发动机万有特性

便于进行计算，按照转速 n 和车速 u_a 的转速关系在横坐标上画出汽车（最高挡）的行驶车速比例尺。此外，计算时还需要等速行驶的汽车阻力功率数值。

根据等速行驶车速 u 及阻力功率 p ，在万有特性图上（利用插值法）可确定相应的燃油消耗率 b ，从而计算出以该车速等速行驶时单位时间内的燃油消耗量为

$$Q_t = pb/367.1 \rho g$$

式中 b ——燃油消耗率， $g/(kW \cdot h)$ ；

ρ ——燃油的密度， kg/L ；

g ——重力加速度， m/s^2 。

汽油的 ρg 可取为 $6.96 \sim 7.15 N/L$ ，柴油可取为 $7.94 \sim 8.13 N/L$ 。

整个等速行驶过程行程 s (m)，行程的燃油消耗量 (mL) 为

$$Q = pbs/102u_a \rho g$$

折算成等速百公里燃油消耗量 ($L/100km$) 为

$$Q_s = pb/1.02u_a \rho g$$

2) 加速行驶工况燃油消耗量的计算

计算由 u_{a1} 以等加速度行驶至 u_{a2} 的燃油消耗量，可将加速过程分为若干个区间，例如按速度每增加 $1km/h$ 为一个小区间，每个区间的燃油消耗量可根据其平均的单位时间燃油消耗量与行驶时间之积求得。各区间起始或终了车速所对应时刻的单位时间燃油消耗量 Q_i (单位： mL/s)，可根据相应的发动机发出的功率与燃油消耗率求得。故整个加速过程的燃油消耗量为

$$Q_a = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

式中， Q_1, Q_2, Q_3, \dots 为各区间的燃油消耗量，单位 mL 。

加速区间内汽车行驶的距离 s (m) 为

$$s_a = \frac{u_{a2}^2 - u_{a1}^2}{25.92 \frac{du}{dt}}$$

3) 等减速行驶工况燃油消耗量的计算

减速工况燃油消耗量等于减速行驶时间与怠速油耗的乘积。减速时间 t (s) 为

$$t = \frac{u_{a2} - u_{a3}}{3.6 \frac{du}{dt}}$$

式中 u_{a2}, u_{a3} ——起始及减速终了的车速， km/h ；

$\frac{du}{dt}$ ——减速度， m/s^2 。

减速过程燃油消耗量为

$$Q_d = \frac{u_{a2} - u_{a3}}{3.6 \frac{du}{dt}} Q_i$$

式中 Q_i 总速燃油消耗率, mL/m。
减速区内汽车行驶的距离 (m) 为

$$S_d = \frac{u_{a2}^2 - u_{a3}^2}{25.92 \frac{du}{dt}}$$

4) 总速停车时的燃油消耗量

若总速停车时间为 t_s (s), 则燃油消耗量 (mL) 为

$$Q_{id} = Q_i t_s$$

5) 整个循环工况的百公里燃油消耗量

由等速、等加速、等减速、总速停车等行驶工况组成的循环, 其整个试验循环的百公里燃油消耗量 (L/100km) 为

$$Q_s = \frac{\sum Q}{s} \times 100$$

式中 $\sum Q$ ——所有过程油耗量之和, mL;
 s ——整个循环的行驶距离, m。

3. 影响汽车燃油经济性的因素

下面分别从使用与汽车结构两个方面讨论影响汽车燃油经济性的因素, 从而可以看出提高燃油经济性的一些途径。

1) 使用方面

(1) 道路条件汽车在良好的道路条件上行驶, 车速可以较高, 燃油经济性较好; 汽车在凹凸不平的道路上行驶时, 平均技术速度较低, 燃油经济性较差。

路面养护质量对汽车燃油消耗量有影响。若选择典型路面进行实测, 再将各路段的路面分值同汽车在一定车速下的百公里油耗数据进行回归分析, 可知在一定车速下, 汽车油耗与路面养护质量呈负相关对数函数关系。若提高路面养护质量, 汽车油耗将下降。

(2) 行驶车速汽车在中等车速行驶时燃油消耗量最低, 低速时稍高, 高速时随车速增加而迅速增长。这是因为在高速行驶时, 虽然发动机的负荷率较高, 但汽车的行驶阻力增加很大, 使汽车燃油量增加; 在低速行驶时, 由于发动机负荷率较低, 汽车油耗量亦较高。因此, 中等车速 (即经济性车速) 行驶可节约燃油。美国佐尔顿研究中心曾在专用车道上进行轿车油耗试验, 结果表明平均车速由 90km/h 提高到 160km/h 后, 油耗增加一倍。

(3) 挡位选择在一定道路上, 汽车使用不同排挡行驶, 燃油消耗量是不一样的。显然, 在同一道路条件与车速下。虽然发动机发出的功率相同, 但挡位愈低, 后备功率愈大, 发动机的负荷率愈低, 燃油消耗率愈高, 而使用高挡时的情况正好相反。因此, 高挡的行驶可能性未用尽前, 不应换低挡。

(4) 挂车的应用运输企业中普遍带挂车, 这是提高运输生产率和降低成本, 包括降低燃油消耗量的一项有效措施。拖带挂车后节省燃油的原因有两个: 一是带挂车后阻力增加, 发动机的负荷率增加, 使燃油消耗率下降; 另一个原因是汽车的质量利用系数 (即装载质量与整车装备质量之比) 较大。

(5) 正确的保养和调整汽车的保养和调整对燃油消耗有相当影响。当汽车的前轮定位正确, 制动器摩擦片与制动鼓有正常间隙, 轮胎气压正常, 各相对运动零部件滑摩表面光洁、间隙恰当并有充分的润滑油时, 底盘的行驶阻力减少, 滑动距离大大增加。如某装载质量为 2.5t 的汽车在良好水平道路上以 30km/h 的车速开始摘挡滑行, 滑行距离应达 200~250m。当滑行距离由 200m 增加到 250m 时, 油耗可降低 7%。

2 汽车结构方面

在汽车结构方面, 可以通过下述途径来改善燃油经济性。

(1) 缩减轿车总尺寸和减轻质量有数据表明, 又大又重的豪华型轿车比小而轻的轻型或微型汽车的油耗几乎要高 3~5 倍。大型轿车费油的原因是大幅度增加了滚动阻力、空气阻力、坡度阻力和加速阻力。为了保证高动力性而装用大排量发动机在行驶中负荷率低也是增加耗油的原因之一。

研究表明, 一辆轿车的质量若能减少 10%, 则可节油约 3%~4%。为了减少轿车质量, 轿车选用材料中的铝与复合材料的比例日益增加。20 世纪 90 年代初, 北美每辆轿车铝材的用量平均为 79kg, 日本为 61kg, 欧洲为 53kg; 到 2000 年将可能分别达到 120kg、90kg 和 73kg。豪华轿车 Audi A8 采用全铝承载式车身, 质量减少 15%, 百公里油耗降低 5%~8%。复合材料在汽车上的用量也在逐年增加。20 世纪 90 年代初, 大量使用复合材料的所谓“复合材料汽车”在西欧的销量为 25 万辆左右。预计今后每年将以 25% 的比例增长。

(2) 发动机发动机中的热损失与机械耗损占燃油化学能中的 65% 左右。显然, 发动机是对汽车燃油经济性最有影响的部件。目前, 提高发动机燃油经济性的途径有许多, 在发动机课程中已有论述, 在此不再详述。

(3) 传动系传动系对燃油消耗量的影响, 取决于其效率、挡位数和传动比。传动系效率越高, 则损失于传动系的能量越少, 汽车的燃油经济性越好。当汽车在一定条件下行驶时, 采用不同的挡位, 发动机的转速和负荷都不一样。因此, 在同样的车速下, 采用不同的挡位行驶时, 发动机的有效耗油量并不一样。由此可以推论, 挡位数增多后, 增加了选用恰当挡位使发动机处于经济工况下工作的机会, 有利于提高燃油经济性。挡数无限的无级变速器, 在任何条件下都提供了使发动机在最经济工况下工作的可能性。若无级变速器始终能维持较高的机械效率, 则汽车的燃油经济性将显著提高。

(4) 汽车外形与轮胎降低 C_D 值 (空气阻力系数) 是节约燃油的有效途径。Audi 100 轿车通过变动车身形状而具有不同 C_D 值时的实验结果表明, 当 C_D 由 0.42 降低到 0.3 时, 其混合百公里燃油消耗可降低 9%, 而以 150km/h 等速行驶的油耗则可降低 25% 左右。20 世纪 60 年代轿车的 C_D 值在 0.45 左右, 现代不少轿车的 C_D 值已降低到 0.3 左右, 今后 C_D 值仍可能继续下降到 0.2。

汽车对轮胎提出各种要求, 如强度、耐磨性、耐久性及要求它保证动力性、经济性等各种使用性能。现在公认子午线轮胎的综合性能最好。由于它的滚动阻力小, 与一般斜交轮胎相比, 可节油 6%~8%。

三、汽车的制动性

汽车行驶时能在短距离内停车且维持行驶方向稳定性和在下长坡时能维持一定车速的能力称为汽车的制动性。

1. 制动性的评价指标

汽车的制动性主要由下列三个方面来评价。

1) 制动效能

制动效能是指在良好路面上，汽车以一定初速度制动到停车的制动距离或制动时汽车的减速度。它是制动性最基本的评价指标。

2) 制动效能的恒定性（制动器的抗热衰退性）

汽车高速行驶或下长坡连续制动时制动效能保持的程度，称为抗热衰退性能。因为制动过程实际上是把汽车行驶的动能通过制动器吸收转换为热能，所以制动器温度升高后，能否保持在冷状态时的制动效能已成为设计制动器时要考虑的一个重要问题。此外，汽车涉水行驶后，还存在制动器水衰退问题。

3) 制动时汽车的方向稳定性（制动时汽车不发生跑偏、侧滑以及失去转向能力的性能）

制动时的方向稳定性，常用制动时汽车按给定路径行驶来评价。若制动时发生跑偏、侧滑或失去转向能力，则汽车将偏离原来的行驶路径。

2. 汽车的制动效能及其恒定性

汽车的制动效能是指汽车迅速降低车速直至停车的能力。评定制动效能的指标是制动距离和制动减速度。

1) 制动距离与制动减速度

制动距离是指汽车速度为 u_0 时，从驾驶员开始操纵制动控制装置（制动踏板）到汽车完全停住这段时间内，汽车驶过的距离。制动减速度是制动时车速对时间的导数，即 du/dt 。它反映了地面制动力的大小，因此它与制动器制动力（车轮滚动时）及附着力（车轮抱死拖滑时）有关。

汽车制动的全过程总共包括四个阶段：驾驶员见到信号后做出动作反应；制动器起作用；持续制动；放松制动器。一般所指制动距离就是开始踩着制动踏板到完全停车的距离。它包括制动器起作用 and 持续制动两个阶段中汽车驶过的距离 S_1 和 S_2 ，即制动时间中的 t_1 和 t_2 内汽车驶过的距离。这样排除了驾驶员反应时间对汽车制动过程的影响，就能更方便地比较汽车本身的制动性能。

2) 制动效能的恒定性

以上的讨论仅限于在冷制动情况（制动器起始温度低于 100°C ）的制动效能。汽车在繁重的工作条件下制动时（如在下长坡时，制动器就要较长时间连续地做较大强度的制动），制动器温度常在 300°C 以上，有时高达 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 。高速制动时，制动器温度也会很快上升。制动器温度上升后，摩擦系数将显著下降，这种现象称为制动器的热衰退。如 LexusLS400 汽车在冷制动时，起始制动车速为 195km/h ，制动距离为 163.9m ，制动减速度为 8.5m/s^2 。而经下坡中的 26 次制动后，制动器温度可达 700°C 左右，这时以同样的起始车速制动，减速度为 6.0m/s^2 ，制动距离达到 244.5m 。热衰退是目前制动器不可避免的现象，只是程度上的差别而已。制动效能的恒定性主要指的是抗热衰退性能。

制动器抗热衰退性能一般用一系列连续制动时的制动效能保持程度来衡量。根据国家有关标准，要求以一定车速连续制动 15 次，每次制动减速度为 3m/s^2 ，最后的制动效能应不低于规定的冷试验制动效能（ 5.8m/s^2 ）的 60%（在制动踏板力相同的条件下）

制动器的抗热衰退性能与制动器摩擦副材料及制动器结构有关。一般制动器以铸铁为制动鼓、盘，而摩擦片由石棉、半金属和无石棉等几种材料制成。由于石棉有害人体健康，不允许使用含石棉的摩擦片。正常制动时，摩擦副的温度在 200°C 左右，摩擦副的摩擦系数约为 $0.3\sim 0.4$ 。但在更高的温度时，摩擦系数会显著下降，而出现所谓热衰退现象。

制动器的抗热衰退性能还与制动器结构型式密切相关。不同结构型式的制动器，在高强度制动时，摩擦系数的下降对制动效能的影响是不一样的，对盘式制动器的制动效能影响最小，即盘式制动器稳定性最好，双减力制动器次之，以下分别是增减力蹄制动器、双增力制动蹄制动器。双向自动增力蹄制动器的稳定性最差。因此，近年来盘式制动器广泛应用于高速轿车、重型矿用车。

当汽车涉水时，水进入制动器，短时间内制动效能的降低称为水衰退。汽车应在短时间内迅速恢复原有的制动效能。

3. 汽车制动时的方向稳定性

汽车制动过程中，有时会出现制动跑偏、后轴侧滑或前轮失去转向能力而使汽车失去控制离开原来的行驶方向。一般称汽车在制动过程中维持直线行驶或按预定弯道行驶的能力称为汽车制动时的方向稳定性。

1) 汽车的制动跑偏

制动时汽车自动向左或向右偏驶称为“制动跑偏”。制动时汽车跑偏的原因有两种：

汽车左、右车轮，特别是前轴左、右车轮（转向轮）制动器制动力不相等。这是因制造、调整误差造成的，汽车究竟向左或向右跑偏，根据具体情况而定。

制动时悬架导向杆系与转向拉杆在运动学上不协调（互相干涉）。这是汽车设计所造成的，制动时汽车总是向左（或向右）一方偏驶。

2) 制动时后轴侧滑与前轴转向能力的丧失

侧滑是指制动时汽车的某一轴或两轴发生横向移动。最危险的情况是在高速制动时发生后轴侧滑，此时汽车常发生不规则的急剧回转运动而失去控制。

前轮丧失转向能力是指弯道制动时，汽车不再按原来弯道行驶而沿弯道切线方向驶出和直线行驶制动时转动方向盘，汽车仍按直线方向行驶的现象。

汽车如后轴不会侧滑，前轮就可能失去转向能力；后轴侧滑，前轮常仍有转向能力。制动时发生侧滑，特别是后轴侧滑，会引起汽车剧烈的回转运动，严重时可使汽车调头。试验表明，制动时若后轴车轮比前轴车轮提前一定时间先抱死拖滑，且车速超过某一数值时，汽车在轻微的侧向力作用下就会发生侧滑。路面愈滑，制动距离和制动时间愈长，后轴侧滑愈严重。制动过程中，若只是前轮抱死或前轮先抱死拖滑，汽车基本上沿直线减速停车，汽车处于稳定状态，但在弯道上行使时汽车丧失转向能力。

因此，从保证汽车方向稳定性出发，首先不能出现只有后轴车轮抱死或后轴车轮比前轴车轮先抱死的情况，以防止危险的后轴侧滑。其次，尽量少出现只有前轴车轮抱死或前、后车轮都抱死的情况，以维持汽车的转向能力。最理想的情况就是防止任何车轮抱死，前后车轮都处于滚动状态，这样就可以确保汽车制动时的方向稳定性。

四、汽车的操纵稳定性

汽车的操纵稳定性包括相互联系的两个部分：一是操纵性；二是稳定性。操纵性是指汽车能够及时而准确地响应驾驶员转向指令的能力；稳定性是指汽车在行驶过程中，具有抵抗改变其行驶方向的各种干扰，并保持稳定行驶而不致失去控制甚至翻车或侧滑的能力。实际上两者很难截然分开，稳定性的好坏直接影响操纵性，常统称为汽车操纵稳定性。

五、汽车行驶平顺性的评价指标

汽车行驶平顺性是指保持汽车在行驶过程中乘员所处的振动环境具有一定舒适度的性能，对载货汽车还包括保持货物完好的性能。平顺性主要是根据乘坐者的舒适度来评价，所

以有时又称为乘坐舒适性。它是现代高速汽车的一个主要性能。

1. 汽车行驶平顺性的评价方法

机械振动对人体的影响，即取决于振动频率与强度、振动作用方向与暴露时间，也取决于人的心理、生理状态。因此，人体对振动作用的反应是一个十分复杂的过程。人体对振动的反应的评价主要靠感觉判断，以主观感觉为最终依据。

2. 影响汽车行驶平顺性的因素

影响汽车行驶平顺性的因素很多，现在仅就道路路面不平度和汽车的结构因素两方面简要介绍。

1) 路面不平度

路面不平度是使汽车振动的主要振源。看起来十分平坦的道路，但实际上总是存在着宏观及微观上的路面不平度，而且路面上存在着波长大于轴距的起伏波形。这是一种超低频的路面变化趋势，对汽车振动的影响很小，可不考虑。但当把路面不平度看成一随机过程，这种超低频率的变化趋势破坏了该随机过程的平稳性，从而使汽车随机振动的研究复杂化。通常，可通过数据处理的方法消除路面的低频趋势，而使路面不平度具有平稳性。

2) 汽车的结构因素

(1) 悬挂系统减小车身的固有频率可以减小车身振动加速度值，改善汽车的平顺性。由试验得知，为了保持汽车具有良好的平顺性，车身振动的固有频率应为人所习惯的步行时身体上下运动的频率，约为 60~85 次/min (1~1.5Hz)。

加大汽车悬架的静挠度，即减小悬架刚度，则车身的固有频率可降低。前、后悬架静挠度的匹配对汽车行驶平顺性也有很大影响，一般希望前、后悬架的静挠度值以及振动频率都比较接近，这样可以减少共振的机会。为了减少车身俯仰振动，从而减小水平振动，希望后悬架的静挠度比前悬架的小些。对于短轴距的微型汽车，为了改善其乘坐舒适性，可将后悬架设计得软一些。

为了防止在不平路面上行驶时经常冲击缓冲块（限位块）而使汽车平顺性变差，悬架还必须有足够的动挠度（指悬架平衡位置到悬架与限位块相碰时的变形）。前、后悬架的动挠度常按其相应的静挠度选取，其数值主要取决于车型和经常使用的路面状况。

为了衰减车身的自由振动和抑制车身、车轮的共振，以减小车身的垂直振动和车轮的振幅，悬架系统中应具有适当的阻尼。如钢板弹簧簧片之间的干摩擦，减振器阻尼等。为使减振器阻尼效果好，又不传递大的冲击力、常把压缩行程的阻力和伸张行程的阻力取得不同。弹性元件压缩时、为减少减振器传递的路面冲击力，要选择较小的相对阻尼系数。而在伸张行程时，为使振动迅速衰减，应选择较大的相对阻尼系数。压缩行程时无阻尼，只在伸张行程有阻尼作用，具有这种阻尼特性的减振器称为单向作用减振器；在压缩、伸张行程均有阻尼作用的称为双向作用减振器。

(2) 轮胎对行驶平顺性的影响取决于轮胎径向刚度、轮胎的展平能力以及轮胎内摩擦所引起的阻尼作用。当汽车行驶于不平道路时，由于轮胎的弹性作用，轮胎位移曲线较道路断面轮廓要圆滑平整，其长度较道路坎坷不平处的真正长度为大，而曲线的高度则较道路不平的真正高度为小，这就是所谓的轮胎展平能力。它可使汽车在高频共振时的振动减小。由于轮胎内摩擦所引起的阻尼作用，对于小轿车轮胎的相对阻尼系数可达 0.05~0.106。

从提高汽车行驶平顺性的角度，轮胎的径向刚度应尽可能小。但轮胎刚度过低，会增加车轮的侧偏，影响稳定性，同时还使滚动阻力增加并降低轮胎使用寿命。

(3) 悬挂质量实验和理论研究表明,车身的振动主要是以自振频率进行的振动。减小公共汽车和载货汽车的悬挂质量,会使车身振动加速度增加,降低行驶平顺性。悬挂质量的分配对平顺性也有影响。为保持良好的平顺性,有的采用等挠度悬架,使悬架刚度随悬挂质量的减小而减小。

(4) 非悬挂质量减小非悬挂质量可降低车身振动的固有频率,增高车轮的振动固有频率。这样就使低频共振与高频共振区的振动减小,而将高频共振移向更高的行驶车速,对平顺性有利。同时减小非悬挂质量,可使车轮系统部分相对阻尼系数增加,因而减振器所吸收的能量减少,工作条件获得改善。

采用独立悬架,可使非悬挂质量减小。常用非悬挂质量与悬挂质量之比来评价非悬挂质量对平顺性的影响。此比值小些为好,可以保证良好的平顺性。

(5) 座椅座位的布置对行驶平顺性有很大影响。实际感受和试验表明,座位接近车身的中部汽车轴距中心其振动最小,离此中心越远处其平顺性越差。座位在高度上的布置也很重要,为减小俯仰振动引起的水平振动振幅,座位在高度方面与汽车质心间的距离不应太大。

座椅的刚度和阻尼对平顺性也有重要影响,希望座椅具有一定的阻尼作用。现代高阻尼泡沫座垫,其相对阻尼系数已达 0.3~0.4。

影响汽车行驶平顺性的结构参数很多,关系也比较复杂,必须进行综合分析,才能正确选择参数,提高汽车的行驶平顺性。

六、汽车的通过性

汽车的通过性(亦称越野性)是指汽车在一定的装载质量下,能以足够高的平均速度通过各种坏路、无路地带,如松软的土壤、沙漠、雪地、沼泽等松软地面及坎坷不平地段和各种障碍(陡坡、侧坡、壕沟、台阶、灌木丛、水障等)的能力。

汽车的通过性主要决定于地面的物理性质及汽车的结构参数和几何参数,也与汽车的其它性能,如动力性、平顺性、机动性、稳定性、视野性等密切相关。

1. 汽车通过性的几何参数

由于汽车与地面间的间隙不足而被地面托住、无法通过的情况,称为间隙失效。当车辆中间底部的零部件碰到地面而被顶住时,称为“顶起失效”;当车辆前端或尾部触及地面而不能通过时,则分别称为“触头失效”或“托尾失效”。显然,后两种情况属同一类失效。

与间隙失效有关的汽车整车几何参数,称为汽车的通过性几何参数。汽车通过性的几何参数表示汽车在高低不平地区行驶的可能性,它取决于不平道路的外形与汽车下缘轮廓间的相互几何关系。

汽车通过性的几何参数主要有:最小离地间隙、纵向通过角、接近角、离去角、最小转弯直径等。

1) 最小离地间隙 h_{\min}

最小离地间隙是指汽车除车轮外的最低点与地面间的距离 h_{\min} ,如图 1-2(b)所示。它表征了汽车无碰撞地越过凹凸不平地面障碍物(石块、树桩之类)的能力。汽车的最低点多是飞轮壳、从动轴(桥)、变速器壳、消声器和驱动轴(桥)的主减速器外壳等。驱动桥由于装有直径较大的主减速器齿轮,一般驱动桥的离地间隙为最小。设计越野汽车时,应尽可能保证有较大的最小离地间隙。

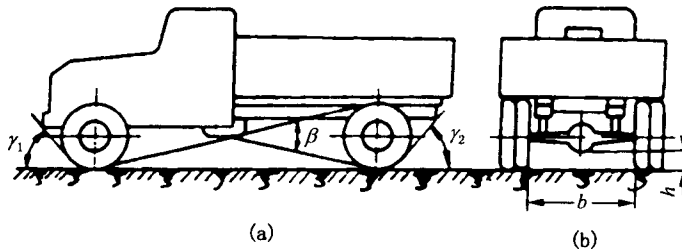


图 1-2 汽车通过性几何参数

2) 汽车的纵向通过角 β

汽车满载、静止时，分别通过前、后车轮外缘作垂直于汽车纵向对称平面的切平面，当两切平面交于车体下部较低部位时所夹的最小锐角 β ，此角称为汽车的纵向通过角，如图 1-2 (a) 所示。它表示汽车能够无碰撞通过小丘、拱桥等障碍物的轮廓尺寸。 β 大，顶起失效的可能性越小，汽车通过性越好。

3) 接近角 γ_1 与离去角 γ_2

接近角、离去角是指自车身前、后突出点向前、后车轮引切线，切线与路面之间的夹角，如图 1-2 (a) 所示。它们表征汽车接近或离开障碍物（如小丘、沟洼地等）时不发生碰撞的可能性， γ_1 和 γ_2 越大，则汽车通过性越好。

4) 最小转弯直径 d_{\min}

当转向盘转到极限位置、汽车以最低稳定车速转向行驶时，外侧转向轮的中心平面在支承平面上滚过的轨迹圆直径，即为最小转弯直径。它在很大程度上表征了汽车能够通过狭窄弯曲地带或绕过不可越过障碍物的能力。 d_{\min} 越小，汽车的机动性越好。

5) 转弯通道圆

当转向盘转到极限位置、汽车以最低稳定车速转向行驶时，车体上所有点在支承平面的投影均位于圆周以外的最大内圆，称为转弯通道内圆；车体上所有点在支承平面的投影均位于圆周以内的最小外圆，称为转弯通道外圆。转弯通道内、外圆半径的差值为汽车极限转弯时所占空间的宽度，此值决定了汽车转弯时所需的最小空间。它越小，汽车的机动性越好。

汽车的最小离地间隙、纵向通过角、接近角和离去角、最小转弯直径等通过性几何参数，主要由汽车的类型和使用条件而定，见表 1-1。

表 1-1 汽车通过性的几何参数

汽车类型	最小离地间隙 h_{\min} mm	接近角 γ_1 (°)	离去角 γ_2 (°)	最小转弯直径 d_{\min} m
4×2 轿车	120~200	20~30	15~22	7~13
4×4 轿车	210~370	45~50	35~40	10~15
4×4 吉普车	250~300	25~60	25~45	8~14
4×2 货车	260~300	45~60	35~45	11~21
4×4、6×6 货车	220~370	10~40	6~20	14~22
6×4、4×2 客车	220~370	10~40	6~20	14~22

6) 汽车越过台阶、壕沟的能力

汽车克服垂直障碍物如台阶、壕沟等的能力与车轮半径有关。一般认为具有驱动后轮和非驱动前轮普通汽车可以克服的垂直障碍高度 h 为

$$h \approx \frac{2}{3}r$$

式中, r 为车轮半径。如果前后轮均为驱动轮, 则 $h \approx r$ 。

2. 汽车的倾覆失效

1) 汽车在侧坡或纵坡的倾覆失效

大的侧坡或纵坡可能导致汽车的倾覆失效, 如图 1-3 所示。在侧坡上直线行驶时, 当坡度大到使重力通过一侧车轮接地中心, 而另一侧车轮的地面法向反作用力等于零时, 则汽车将发生侧翻。显然此时

$$G \sin \beta h_g = G \cos \beta \frac{B}{2}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{B}{2h_g}$$

式中 G ——汽车重力;

B ——轮距;

h_g ——汽车重心离地垂直距离;

β ——汽车不发生侧翻的极限角。

所以, 为了防止侧翻, 汽车的重心应低, 轮距应宽。

在侧坡上也可能发生侧滑, 设此时侧坡角度为 β' , 则有

$$G \cos \beta' \varphi = G \sin \beta'$$

$$\operatorname{tg} \beta' = \varphi$$

式中, φ 为侧向附着系数。

当侧坡角的正切值等于侧向附着系数时, 汽车发生整车侧滑。一般认为, 与其发生侧翻, 不如发生侧滑, 即希望

$$\operatorname{tg} \beta > \operatorname{tg} \beta'$$

即

$$\frac{B}{2h_g} > \varphi$$

纵向倾覆也决定于重心高度与重心至前轴或后轴的距离, 在此不再详述。

2) 汽车曲线行驶时的倾覆失效

在良好路面上高速行驶的车辆, 当曲线行驶时, 由于侧向惯性力的作用也会导致侧翻。

设汽车做等速圆周行驶, 则侧向惯性力为

$$F_j = \frac{G}{g} \cdot \frac{u^2}{R}$$

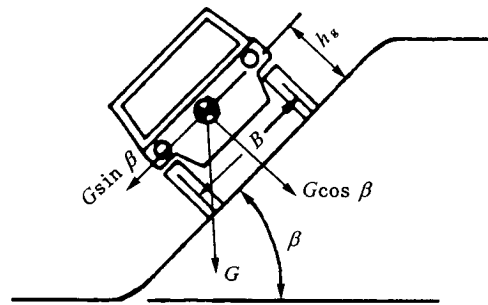


图 1-3 汽车的侧翻

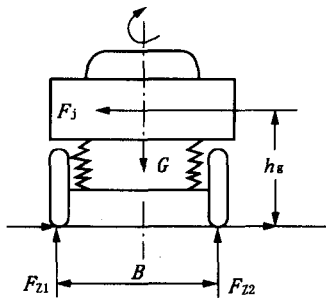


图 1-4 汽车曲线行驶受力图

式中 u ——车速， m/s ；

R ——圆周行驶时的半径， m ；

g ——重力加速度， m/s^2 。

汽车受力图如图 1-4 所示。作用在汽车左右车轮上的法向反力为

$$F_{Z1} = \left(G \cdot \frac{B}{2} + F_j \cdot h_g \right) / B$$

$$F_{Z2} = \left(G \cdot \frac{B}{2} - F_j \cdot h_g \right) / B$$

在即将侧翻的临界状态下， $F_{Z2} = 0$ ，则

$$G \cdot \frac{B}{2} = F_j \cdot h_g$$

即

$$G \cdot \frac{B}{2} = \frac{G}{g} \cdot \frac{u^2}{R} \cdot h_g$$

此时，不翻车所允许的最大车速为

$$u_{\max} = \sqrt{gBR/2h_g}$$

因此，高速行驶的轿车都力求保持一定轮距并尽量降低重心高度。

汽车曲线行驶时也可能出现侧滑，设侧滑时车速为 u ，有

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{u^2}{R} = G \varphi$$

$$u = \sqrt{gR\varphi}$$

上式为不发生侧滑的最大车速。一般认为，与其发生侧翻，不如发生侧滑，即希望

$$\sqrt{gBR/2h_g} > \sqrt{gR\varphi}$$

得

$$\frac{B}{2h_g} > \varphi$$

七、汽车的可靠性及衡量尺度

汽车的可靠性指汽车在规定条件下和规定时间内完成规定功能的能力。其衡量尺度如下所述。

1. 可靠度

汽车在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的概率，也就是说，将汽车的可靠性用概率的大小来加以度量，即为可靠度。汽车的可靠度随汽车使用时间的延长而逐渐下降。

2. 故障率

故障率是指使用到某行驶里程（或时刻）尚未发生故障的汽车、总成，在该行程（或时

刻)后单位行程(或时间)内发生故障的概率。一般常用平均故障率的观察值来代替。所谓平均故障率的观察值,是指汽车、总成在规定的考察行程(或时间)内,故障发生次数与累积行程(或时间)之比。

3. 平均寿命、可靠寿命、中位寿命、特征寿命

汽车、总成或零部件从处于完好技术状况开始,到进入故障状态所经历的时间,称为无故障工作时间,即寿命。其中,最常用的有发生失效前的平均时间(MTTF),平均无故障工作时间(MTBF)和首次故障前的平均时间(MTTFF)。它们都称为平均寿命,只是所用的场合不同。MTTF用于不可维修的产品,如车用汽油机上的火花塞、点火电容、电子控制系统的集成电路块以及汽车滚动轴承;而MTTFF则用于可维修的汽车整车、绝大部分总成和零部件。

在平均寿命中,最受关心的是平均无故障时间MTBF。而在实际工作中,则常用其观测值,即汽车在使用寿命期内的某个观察期间累积工作时间与所发生的故障次数之比来表示,即

$$MTBF = \frac{\sum t}{m} = \frac{1}{\lambda}$$

式中 $\sum t$ ——考察时间(或行程)内,汽车、总成的累积工作时间(或行程);

m ——考察时间(或行程)内,汽车、总成发生故障的次数;

λ ——平均故障的观察值。

八、汽车的维修性

汽车的维修性,是指汽车对按技术文件规定所进行的维修的适应能力。也就是说,除要求不发生或尽量少发生故障外,还得考虑故障发生后修复的难易程度及维修的质量等。而维护汽车完好技术状况或工作能力而进行的作业,即是为恢复汽车完好技术状况或工作能力和保证寿命而进行的作业。

汽车维修性有以下几种衡量尺度。

1. 维修度

维修度是指汽车在规定的条件下使用,在规定时间内按规定的程序和方法进行维修时,保持或恢复到能完成规定功能状态的概率。

2. 平均修复时间

它指修复时间的平均值,记作MTTR。这是一个用平均花费的修复时间来计量维修性的尺度。通常,人们习惯用平均修复时间的观测值来衡量。该观测值等于汽车、总成等的修复时间的总和与修理次数之比。

3. 修复率

修复率是指修理时间已达到某个时刻但尚未修复的汽车、总成等,在该时刻后的单位时间内完成修理的概率。

从上述可以看出,维修性与可靠性有明显的相似之处,也有本质区别。在汽车设计中,从经济角度出发,并非总是将所有总成、零部件的可靠度都提得很高,而是除考虑可靠度外,还从改进汽车的维修性方面来进行设计。如易发生故障的部位和总成零部件等,要便于接近、检查和开展维修作业。总成和零部件要便于拆卸和装配,并尽量采用标准件,提高零部件的互换性、通用性。

第二节 汽车的公害

汽车的公害是指汽车在道路上行驶而产生的损害人体健康和人类生活环境的污染现象。

汽车的公害包括汽车排气对大气的污染、噪声对环境的危害、汽车电气设备对无线电通信及电视广播的电波干扰三个方面，以及制动蹄片、离合器摩擦片、轮胎的磨损物和汽车运行中所扬起的粉尘等等。

汽车的排气污染被认为是第一公害，对人类的生活环境影响最大。汽车的有害排放主要是燃料在发动机气缸内燃烧后排出的废气，还有曲轴箱窜气、机油蒸发排放、燃油箱和化油器的燃油蒸发排放等。这些有害物质散发到空气中达到一定浓度后，将对人和生物造成危害。

汽车的噪声一般都是 60~90dB 的中强度噪声，高于 70dB 的噪声会使人心情不安、烦躁、疲倦、工作效率下降和造成谈话、通信困难等，从而产生头晕、头痛、失眠等各种病症。汽车的噪声主要包括发动机噪声、传动系噪声、轮胎噪声等。

电波公害可对电视和无线电产生电波干扰，并不直接影响人们的身体健康。在汽车电气设备产生的电波干扰中，点火系的干扰最为严重。此外，还有发电机、调节器、刮水器以及灯开关等产生的电波干扰。

本节仅就汽车的排气污染、汽车的噪声公害做必要的叙述。

一、汽车的排气污染

汽车发动机的废气中比例最大的是来自空气的不参与燃烧的 N_2 和完全燃烧的产物 CO_2 、水蒸气 (H_2O)，有害排放仅占总排放的 1%左右 (体积分数)。有害排放主要是 CO 、 HC 和 NO_x 。

汽车发动机废气的成分主要是和发动机的混合气形成、燃烧过程及燃烧结束后在排气过程中的化学反应有关。由于汽油机和柴油机的燃烧特点不同，因而它们的有害物生成也有所不同。通常汽油机的废气中， N_2 占 72%、 CO_2 占 17%、 O_2 及其他占 9.5%；有害排放占 1.5%。其中有害排放中， CO 占 85%、 HC 占 5%、 NO_x 占 8%、其他占 2%。柴油机的废气中， N_2 占 75%、 CO_2 占 7%、 O_2 及其他占 17%；有害排放占 1%。柴油机废气的有害排放中， CO 占 35.5%、 HC 占 8.5%、 NO_x 占 35.5%、其他占 20.5%。

1. CO 的危害

CO 是不完全燃烧的产物，是一种无色、无刺激、无味的气体。 CO 与血液中血红蛋白的亲合力是与氧的亲力的 300 倍，人体吸入后，会在血液中取代氧而形成牢固的血红蛋白，影响氧气输送。人体吸入 CO 后，会由于缺氧感到疲劳，引起头晕、恶心等中毒症状，甚至导致窒息死亡。

CO 的另一种危害是促使 NO 向 NO_2 转化，使光化学烟雾增加。

由于 CO 在大气底层停留时间较长，其累积浓度常易超过允许值。因此，应重视大气中 CO 的危害性。

2. HC 的危害

HC 是燃烧后生成的多种碳氢化合物的总称，其中含有少量的醛类（甲醛和丙烯醛）和芳香烃（有较大危害的是苯丙芘）。甲醛、丙烯醛具有强烈气味，对鼻、眼、呼吸道的粘膜有刺激作用，可引起结膜炎、鼻炎等。苯丙芘是一种致癌物质，汽车密集城市癌症的发病率比

汽车排污少的地区高得多。

HC 是生成光化学烟雾的参与物。因此，其危害更加引人注目。

3. NO_x的危害

氮氧化物有 NO、NO₂、N₂O₃、N₂O、N₂O₅、N₂O₄ 及 NO₃ 等，统称为 NO_x。汽车发动机废气中主要是 NO 和 NO₂。

NO 是一种无色无味的气体，毒性不大，在空气中能生成 NO₂，但高浓度的 NO 对血液有毒性作用，能使神经麻痹，使中枢神经瘫痪及痉挛。

NO₂ 是一种红棕色气体，有强烈的刺激性气味，是汽车排气中恶臭物质成分之一，被吸入肺部后，能与肺部的水分结合生成可溶性硝酸，有刺激作用，严重时会引起肺气肿。在强烈阳光下会发生光化学反应，形成二次污染。

NO_x 在大气中易扩散，下雨时可被溶解，其累积浓度不会过高，因此，NO_x 对大气污染的危害不像 CO 那样严重。

4. 光化学烟雾的危害

HC 和 NO_x 在强烈阳光照射下会产生一系列复杂的光化学反应，产生臭氧和各种化合物。臭氧（O₃）具有很强的氧化性和毒性，达一定浓度时，轻则使人呼吸紧张、胸闷、气喘病恶化，重则使人全身疼痛、麻痹，甚至致人死亡。化合物中含有甲醛、丙烯醛、硫酸等，这些化合物会产生毒性较大的浅蓝色烟雾，即光化学烟雾。光化学烟雾会阻碍视线，刺激眼睛，引起咳嗽，并能致癌；还能使植物枯萎死亡。

光化学烟雾只有在夏季、且汽车废气（包括工业废气）排量多的地方，在太阳光的照射下，在特殊的大气对流不畅通的地理环境情况下才有可能产生。一般每天日出后开始激增，午后 1~2h 最多，而夜间则不会产生。

5. 硫化物的危害

在汽车发动机的有害排放中，还有燃油燃烧后生成的硫化物，主要是 SO₂。它是无色气体，有强烈气味，有很强的腐蚀性，会刺激呼吸系统粘膜，引起喉管发炎。SO₂ 氧化后可生成 SO₃，SO₃ 与空气中的水发生作用会生成硫酸，随雨雪降落形成酸雨、酸雾，腐蚀建筑物、车身，造成土壤酸化，破坏农作物与森林。

一般说来，柴油机比汽油机排放的 SO₂ 多一些，但跟其他发生源（如烧煤等）相比，汽车所排放的 SO₂ 要少得多。因此，从大气污染看，汽车所排放的 SO₂ 不是主要问题。

6. 炭烟的危害

炭烟是汽车发动机废气中含有炭粒所致。炭烟本身无毒，但炭粒常夹附有 SO₂ 及其他碳氢化合物，如致癌的多环芳香烃等。不同直径的炭粒对人体的影响也不同，炭粒颗粒越小，在空气中悬浮的时间越长，最小的颗粒可在空气中悬浮达一周以上，这就增加了与人体接触的机会，对人类造成危害。当炭烟通过人的呼吸道进入肺部后会沉积起来，其危害除致癌作用外，还会导致肺气肿等多种疾病。

柴油机在扩散燃烧阶段易生成炭烟，因此，柴油机排出的炭粒比汽油机多得多。汽油机排出的炭粒只有柴油机的 1/20~1/50。

二、汽车的噪声

汽车噪声是汽车的第二大公害，城市噪声的 75% 来源于交通噪声。

1. 噪声的危害

汽车的噪声分车外噪声和车内噪声两种，车外噪声造成环境公害，车内噪声直接对驾驶