

汽车阻力功率的构成

来源：林力纬 发布时间：2025-11-11 14:11:11

当我们踩下油门，期望汽车能轻盈加速、飞驰而过时，我们所消耗的燃油能量，绝大部分都用于克服汽车行驶中遇到的各种阻力。这些阻力所消耗的功率，统称为阻力功率。了解其构成，不仅能帮助我们理解汽车的物理极限，更能直观地感受到为何“驾驶感觉”中的提速能力对发动机功率提出如此高的要求。汽车的总阻力功率主要由以下四部分构成：滚动阻力、空气阻力、坡度阻力和加速度阻力。

一、滚动阻力功率

滚动阻力源于轮胎与地面接触时的形变以及内部摩擦。它是汽车无时无刻不在克服的基础阻力。



成因：轮胎并非绝对刚性，在负重下会挤压变形，这个变形与恢复的过程会消耗能量。同时，路面也并非绝对平滑。

特点：其大小与车辆重量成正比，计算公式通常为 $F_r = \mu * m * g$ ，其中 μ 为滚动阻力系数，在沥青路面约为0.01-0.02， m 为车质量， g 为重力加速度。

功率消耗：滚动消耗的功率 $P = F_r * v$ ， v 为车速。在低速时，它是阻力的主要来源。由于其与车速成正比，当速度很高时，其功率消耗的增长是线性的。

二、空气阻力功率

汽车行驶时需要排开前方的空气，车身后方则会形成紊流涡旋，由此产生的阻力即为空气阻力。

成因：主要由形状阻力，如风压阻力；干扰阻力，如后视镜、门把手等突起物；内循环阻力，如冷却系统等构成。

特点：其大小与车速的平方成正比，计算公式为 $F_a = (1/2) * \rho * C_d * A * v^2$ ，其中 ρ 为空气密度， C_d 为风阻系数， A 为车辆正投影面积。

功率消耗：空气阻力消耗的功率 $P_a = F_a * v$ 。由于 $F_a \propto v^2$ ，所以 $P_a \propto v^3$ 。这意味着当车速增加一倍时，克服空气阻力所需的功率将增加为原来的八倍！因此，在高速巡航时，空气阻力是绝对的“功率杀手”。

三、 坡度阻力功率

当车辆在坡道上行驶时，重力会产生一个沿坡面向后的分力，这就是坡度阻力。

- 成因：地球引力。

特点：其大小与坡度角和车重成正比，计算公式为 $F_g = m * g * \sin\theta$ 其中 θ 为坡度角。对于较小的坡度，通常用坡度百分比 $i\%$ 来近似，此时 $F_g \approx m * g * i\%$ 。

功率消耗：坡度阻力功率 $P_g = F_g * v$ 。爬坡时，它瞬间成为最主要的功率需求来源，这也是为何汽车在爬陡坡时会感觉特别吃力，甚至需要降档以提高发动机扭矩和功率输出。

四、 加速度阻力功率——驾驶感觉的核心

加速度阻力，也称惯性力，是使汽车产生加速度所需要克服的阻力。这正是影响“驾驶感觉”，特别是“提速时间”最关键的因素。

成因：牛顿第二定律 ($F=ma$)。要让质量为 m 的汽车产生加速度 a ，必须施加一个力。

特点：其大小与目标加速度和车重成正比，计算公式为 $F_i = m * a$ 。这里质量 m 还需考虑旋转部件（如车轮、飞轮）的转动惯量，通常会用一个系数（如1.05-1.1）来等效增加质量。

功率消耗：加速度阻力功率 $P_i = F_i * v = m * a * v$ 。

“推背感”与功率的直接关系：我们所追求的强劲推背感和短促的提速时间，本质上就是要求一个巨大的加速度 a 。从公式 $P_i = m * a * v$ 可以看出：

在加速初期（ v 较小），需要的功率相对较低。

但在高速区间继续加速，例如从80km/h加速到120km/h，由于 v 已经很大，要维持一个高加速度 a ，所需的功率 P_i 会急剧增大。

因此，一辆车0-100km/h的加速时间，直接考验的是发动机在广泛转速区间内，特别是中高转速下，能否持续提供远超上述三项阻力之和的剩余功率来用于加速。

举例计算：感受功率需求的跃升

假设我们有一辆质量为1500kg的家用车，风阻系数 $C_d * A$ 为 0.7 m^2 ，在水平沥青路面上行驶， $\mu_r = 0.015$ 。

场景1：以90km/h（25m/s）匀速巡航

此时加速度 $a=0$ ，故 $P_i = 0$ 。

滚动阻力功率 $P_r = \mu^* m * g * v = 0.015 * 1500 * 9.8 * 25 \approx 5.5 \text{ kW}$

空气阻力功率 $P_a = (1/2) * \rho * C_d * A * v^3 = 0.5 * 1.2 * 0.7 * (25)^3 \approx 6.6 \text{ kW}$

总巡航功率： $P_{\text{cruise}} = P_r + P_a \approx 12.1 \text{ kW}$

这仅需要约16马力的功率，对于大多数发动机而言非常轻松。

场景2：在90km/h（25m/s）的速度下，以 $0.5g$ （约 4.9 m/s^2 ）的加速度急加速

这是我们获得强烈推背感的典型加速度。

加速度阻力 $F_i = m * a = 1500 * 4.9 = 7350 \text{ N}$

加速度阻力功率 $P_i = F_i * v = 7350 * 25 = 183.75 \text{ kW}$

此时总功率需求： $P_{\text{total}} = P_{\text{cruise}} + P_i \approx 12.1 + 183.75 = 195.85 \text{ kW}$

计算结果分析：

在需要急加速时，总功率需求瞬间从12.1kW飙升至约196kW（约262马力）！这个功率是匀速巡航时的16倍以上！

这个例子清晰地表明，虽然滚动阻力和空气阻力决定了汽车的续航和经济性，但决定车辆驾驶感觉和提速能力的，正是克服加速度阻力所需的庞大功率。为了获得优异的加速性能，汽车制造商必须为车辆配备一台能在中高转速下爆发出远高于巡航功率的发动机。这也就是为什么追求运动性能的车辆，总是拥有强大的功率储备和出色的功率重量比。