



21 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

汽车使用性能与检测

主编 李 晓 朱 迅

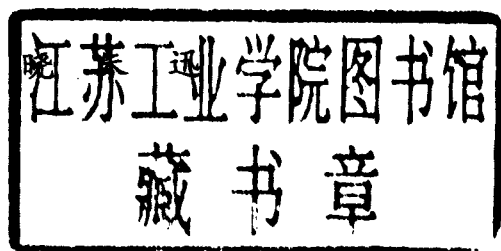


北京邮电大学出版社

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

汽车使用性能与检测

主编 李



北京邮电大学出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

汽车使用性能与检测/李晓,朱迅主编. —北京:北京邮电大学出版社,2006

ISBN 7-5635-1307-8

I. 汽... II. ①李...②朱... III. 汽车—性能—检测—专业学校—教材 IV. U472.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 082787 号

书 名 汽车使用性能与检测

主 编 李 晓 朱 迅

责任编辑 周 堃 赵延玲

出版发行 北京邮电大学出版社

社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876

经 销 各地新华书店

印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 960 mm 1/16

印 张 8.5

字 数 172 千字

版 次 2006 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5635-1307-8/TH·21

定 价 11.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系 电话:(010)82551166 (010)62283578

E-mail:publish@bupt.edu.cn

Http://www.buptpress.com

版权所有 侵权必究

出版说明

本书是根据教育部颁发的《中等职业学校汽车运用与维修专业教学指导方案》中主干课程《汽车使用性能与检测教学基本要求》，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写。

随着汽车工业的不断发展，人们对汽车动力性、经济性、安全性、舒适性和环保性等方面的要求越来越高，汽车技术正在向电子化、自动化、智能化方向发展。汽车技术的这一变化，必然引起汽车运用领域的相关产业和相关技术的根本性变革。了解汽车使用性能，正确合理使用汽车，以及正确选择汽车检测方法等已经变得越来越重要。本书在编写中力图体现以下特色：

1. 面向职教。本书作者均来自教学一线，有多年专业教学经验，因此能根据中等职业教育的培养目标，结合目前中等职业学校的实际情况编写。

2. 作为中等职业学校的专业课教材，在总体安排上体现以综合职业能力的培养为中心，理论部分以“必须、够用”为原则，实践部分则突出职业技能的训练和职业素质的培养，选材注重内容的实用性。

3. 要删繁就简，按由易到难、先传统知识后新兴学科、先通用技术后特殊技术的顺序编写教材。关注产业发展对人才需求规格与学校培养目标的衔接与交流，重视企业现有操作规程与维修经验的引入。教材体系与内容符合教学规律，反映企业现有设备的操作经验与维修技能。

4. 及时吸收新知识和新技术，尽量将国内外最新相关技术、仪器设备和技术规范、标准引入教材，以体现技术上的先进性和前瞻性。

3. 加强针对性和实用性。力求把传授专业知识和培养专业技术应用能力有机结合，使学生的基本素质能够得到提高，也要使学生能够运用所学的基本知识举一反三，触类旁通，同时也为学生今后学习奠定基础。最终要达到学生毕业后

即可胜任工作岗位的要求。

本书比较系统介绍了汽车使用性能、汽车使用性能的不解体检测及汽车的合理使用。内容包括汽车的动力性、经济性、制动性、操纵稳定性等使用性能及汽车安全检测工作原理、检测方法、检测标准,具有较强的实践性。

本书可供中等职业学校3、4年制汽车维修检测专业使用,也可作为岗位培训用书。

由于编者水平有限书中难免存在一些错误与不妥之处,恳请广大读者及同行予以批评指正。

编 者

目 录

第一章 发动机性能	(1)
第一节 发动机工作循环与性能指标	(1)
第二节 发动机特性	(5)
第二章 汽车动力性	(8)
第一节 汽车驱动力与行驶阻力	(8)
第二节 汽车动力性	(13)
第三章 汽车燃料经济性	(17)
第四章 汽车制动性	(19)
第一节 汽车制动时车轮受力分析	(19)
第二节 制动性能分析	(21)
第五章 汽车行驶平顺性	(24)
第六章 汽车操纵稳定性	(27)
第一节 汽车的纵翻与侧翻	(27)
第二节 轮胎侧偏特性与转向特性	(28)
第七章 汽车通过性	(32)
第八章 汽车检测基础知识	(36)
第一节 汽车检测技术发展状况及分类方法	(36)
第二节 汽车检测站	(39)
第九章 发动机性能检测	(45)
第一节 发动机密封性检测	(45)
第二节 发动机功率的检测	(49)
第三节 点火性能检测	(55)
第四节 发动机综合分析仪	(70)
第十章 汽车性能检测	(80)
第一节 汽车动力性检测	(80)
第二节 汽车尾气排放检测	(86)
第三节 车轮定位检测	(98)
第四节 车轮动平衡的检测	(105)
第十一章 汽车安全检测	(112)
第一节 车速表校核	(112)
第二节 汽车制动性能检测	(115)
第三节 车轮侧滑检测	(121)
第四节 汽车前照灯检测	(124)

第一章 发动机性能

发动机是汽车的动力来源,其质量的优劣直接影响汽车的性能、可靠性和寿命。衡量一台发动机的质量主要是对发动机的性能指标进行评定,但在评定时不仅要考虑性能指标,还要对可靠性、耐久性、结构工艺性以及使用特点等方面进行综合评定,并把各种性能有机结合起来。

本章重点阐述发动机的工作循环及发动机动力性、经济性指标,并通过对性能指标的分析,从中找出影响因素及提高发动机性能的一些规律。

第一节 发动机工作循环与性能指标

一、发动机工作循环

(一)发动机理想循环

发动机理想循环是把它的实际工作过程加以简化,以便作定量分析。其最简单的理想循环简化条件如下:

- (1) 假设工质为理想气体,比热是常数。
- (2) 假设工质压缩和膨胀是绝热过程,没有热交换损失。
- (3) 假设工质在闭口系统中作封闭循环,不考虑进气与排气过程。
- (4) 假设工质的燃烧过程是定压或定容过程,放热是定容过程。
- (5) 假设循环过程是可逆的。

发动机有两种理想循环,即定容加热循环和混合加热循环,常用示功图来说明。示功图就是发动机工作过程中,气缸压力与气缸容积的变化关系曲线。理想循环的评价指标是循环热效率 η 和循环平均压力 p_i 。

混合加热循环——柴油机的理想循环,其特点是:将燃烧过程假设为由定容加热和定压加热过程两部分组成,如图 1-1 所示。定容加热循环——汽油机的理想循环,其特点是:将燃烧过程假设为定容加热过程,如图 1-2 所示。

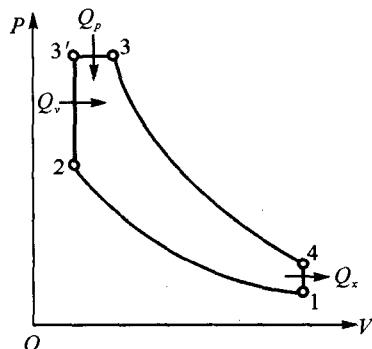


图 1-1 柴油机理想循环

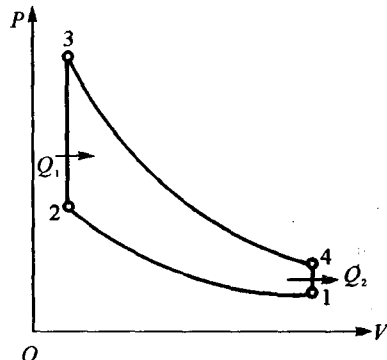


图 1-2 汽油机理想循环

理想循环分析:

从循环指标的关系式中可以看出,压缩比提高时,两种循环的热效率都提高,就同样的加热量而言,循环的平均压力亦提高。这是由于提高压缩比,可以提高循环的平均吸热温度,降低循环的平均放热温度,扩大了循环的温差。

当混合加热循环的压缩比与总加热量为定值时,随压力升高比的增大,热效率提高,当压力升高比达最大即为 1 时,混合加热循环变成了定容加热循环,此时热效率最高。这说明当压缩比和总加热量相同时,定容加热循环的热效率及循环平均压力比混合加热循环高。但实际上混合加热循环的压缩比比定容加热循环的大,因此,混合加热循环的热效率比定容加热循环高。

(二) 发动机实际循环

发动机实际循环可分为进气、压缩、燃烧、膨胀、排气五个过程。与理想循环相比,它是非常复杂的。由于实际循环存在着各种损失,总不能达到理想的程度,它的指标总是低于理想循环的。在实际循环中最重要的损失是传热损失和燃烧损失。理想循环与实际循环差异如图 1-3 所示。

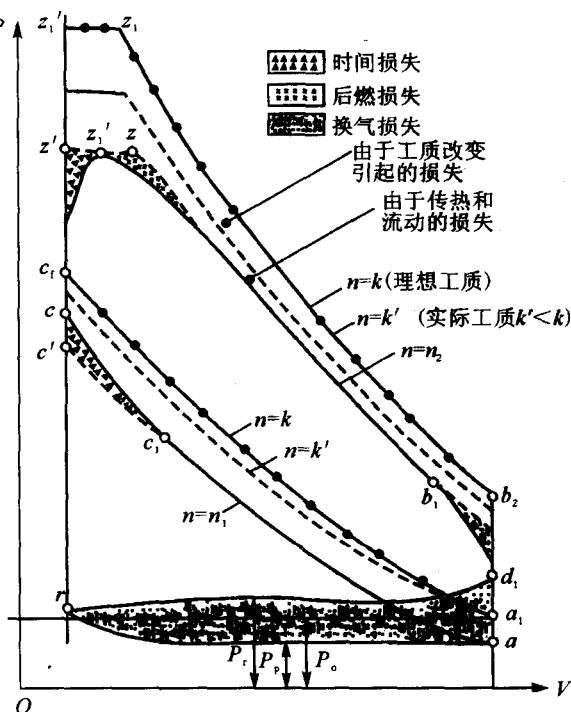


图 1-3 理想循环与实际循环的差异

对实际循环的各过程分析如下:

1. 换气过程

理想循环是假定工质不变的封闭循环。在实际循环中,有排气过程和进气过程。

排气过程的作用是排出燃烧废气,为下一循环的进气作准备。由于有排气阻力,排气终了的压力高于大气压,使有用功减少。排气阻力越大,排气终了压力越高。排气温度是检查发动机工作状态的技术指标,其值越高,说明热功转换效率越低,工作过程不良,应及时查明原因,进行维修。

进气过程的作用是吸进新鲜工质,为热功转换做必要准备。进气过程中的阻力使进气终了的压力低于大气压,有用功减少,更重要的是由于进气终了压力降低,使进气量减少。提高进气终了压力,如采用废气涡轮增压装置,是提高发动机充气量,进而提高发动机动力性的主要措施之一。

2. 压缩过程

压缩过程的作用是扩大工作循环的温差,使工质获得最大限度的膨胀比,提高循环的热效率,为着火燃烧创造有利条件。压缩比是发动机的一个重要参数。柴油机选用较高的压缩比,使压缩终了温度、压力都比较高,以保证冷起动容易,并在其他工况下可靠燃烧。在汽油机中,增大压缩比可以提高热效率,但由于受到爆燃和表面点火以及排气污染的限制,在采用高压压缩比的汽油机中,必须使用高标号汽油。

压缩终了气缸压力是发动机动力性技术指标。在理想循环中,假设压缩过程为绝热过程,即没有热损失。实际循环的压缩过程是一个复杂的多变过程。由于有热交换损失和泄漏损失,实际压缩终了压力低于绝热压缩压力。若压缩压力偏低,说明气缸密封不良,会使起动困难,功率下降,应及时检修。

3. 燃烧过程

燃烧过程的作用是将燃料的化学能转变为热能,使工质温度、压力升高,为膨胀创造条件。燃烧过程进行时,活塞位于上止点附近,进、排气门均关闭。燃烧过程中,燃料所具有的热量放出的越多,放热时越接近上止点,热效率越高。

实际燃料燃烧不可能瞬间完成,因此,在汽油机中,可燃混合气必须在上止点前由火花塞点燃。在柴油机中,同样需要在上止点前就开始喷油,以保证在上止点前开始燃烧。由于燃烧过程中存在不完全燃烧损失、传热损失及高温分解损失,燃烧的温度与压力均低于理想循环。

4. 膨胀过程

膨胀过程是高温、高压的工质推动活塞由上止点向下止点移动而作功的过程。气体的温度压力随之降低。理想循环的膨胀过程是绝热过程,即没有热交换损失,实际的膨胀过程则是复杂多变过程,不仅有传热损失,还有漏气损失,同时受补燃和高温热分解的影响。因

此,膨胀过程线总是低于理想循环的膨胀线。

综合上面分析,得到实际循环的示功图,如图 1-4 所示。

二、发动机性能指标

建立发动机性能指标是为了便于评价其性能。发动机主要性能指标有动力性指标(转速、功率、扭矩)、经济性指标(有效燃油消耗率、热效率)、运转性指标(冷起动机性能、噪声、排放品质)。此外还有发动机可靠性、耐久性、结构工艺性等指标。发动机各种性能指标是相互制约的,不同用途、不同使用条件对发动机性能的着重点也

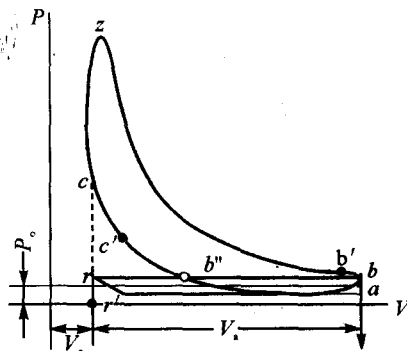


图 1-4 发动机实际循环示功图

不同。所谓高质量的发动机,就是在具体条件下将各种性能合理统一起来。

由于发动机性能指标赖以建立的基础不同,可分为指示性能指标和有效性能指标。指示性能指标是以工质在气缸内对活塞做功为基础而建立的,只能用来评定工作循环的好坏。有效性能指标是以发动机输出轴上得到的净功率为基础建立的,可用来评定发动机整机性能的好坏。

本节只介绍发动机有效动力性指标和经济性指标。

1. 有效功率 P_e

从发动机输出轴上得到的净功率称为有效功率,它总是小于指示功率。这是因为发动机指示功率在内部传递过程中,不可避免地存在损失,这种在发动机运转过程中自身消耗的功率称为机械损失功率。有效功率、指示功率与机械损失功率三者之间的关系是:

$$\text{指示功率} = \text{有效功率} + \text{机械损失功率}$$

机械损失功率包括:发动机运动件摩擦损失功率、驱动附属机构损失功率和换气消耗的功率。

影响机械损失功率的主要因素:

(1) 气缸内最高燃烧压力 p_z

p_z 越高,要求零件尺寸和重量相应增大,使运动件惯性力加大,摩擦损失功率增加。

(2) 发动机转速 n

n 越高,各摩擦面间相对速度越高,运动件惯性力增大,机械损失功率增大。

(3) 发动机负荷 P_e

发动机转速一定,负荷变化时,机械损失功率变化比较小。

2. 有效扭矩 M_e

发动机工作时,由功率输出轴输出的扭矩称为有效扭矩。

3. 有效燃油消耗率 g_e

单位有效功的耗油量称为有效燃油消耗率,通常以每千瓦小时有效功的耗油量表示。

4. 有效热效率 η_e

发动机实际循环的有效功与为得到有效功而消耗的热量之比。

5. 机械效率 η_m

有效功率与指示功率之比称为机械效率。怠速时,有效功率等于零,指示功率全部消耗于机械损失功率,因此,机械效率为零。

第二节 发动机特性

本节重点了解发动机外特性和负荷特性曲线形状,掌握影响曲线形状主要因素和分析曲线的方法。

一、发动机工况

发动机运行的工作状况,简称工况。通常用发动机功率 P_e 和转速 n 来表示。它们必须与被发动机所拖动的工作机械要求的功率和转速相适应。只有当发动机输出的扭矩和工作机械所消耗的扭矩相等时,才能以一定的转速按一定功率稳定运转。当工作机械的阻力矩、转速变化时,发动机的工况就会发生变化。

根据发动机的用途,其工况可分为以下几类:

1. 恒速工况

主要用于发电机组中的发动机,转速基本保持不变,功率随负荷变化。

2. 螺旋桨工况

主要用于船舶发动机,功率与转速的立方成正比。

3. 面工况

主要用于汽车用发动机,功率和转速都在很大范围内变化,扭矩随阻力矩变化而变化。

4. 点工况

主要用于农田灌溉用发动机,转速和功率基本保持不变。

二、发动机特性

发动机性能指标随调整工况及运行工况变化而变化的关系称为发动机特性。特性用曲线表示称为特性曲线。其中随调整情况而变化的关系称为调整特性,调整特性包括点火提前角调整特性,柴油机供油提前角调整特性等;而性能指标随发动机运行工况而变化的关系

称为性能特性。发动机性能特性包括负荷特性、速度特性、万有特性。本节只对汽油机的负荷特性与外特性进行分析。柴油机特性曲线分析方法与汽油机相同。

1. 汽油机负荷特性

当汽油机转速不变时,每小时耗油量 G_T 和有效燃油消耗率 g_e 随功率 P_e 变化而变化的关系称为汽油机负荷特性。表示此关系的负荷特性曲线如图 1-5 所示。研究负荷特性,可以了解各种负荷下发动机的经济性,从而可以确定在何种负荷率下发动机经济性最好。

负荷率是指发动机在一定转速下实际发出的功率与节气门全开时最大功率之比的百分数。

曲线形状分析:

(1) 有效燃油消耗率 g_e 曲线

有效燃油消耗率与发动机工作的热效率和机械效率乘积成反比,即: $g_e = K / \eta_t \eta_m$

怠速时,机械效率 η_m 为零, g_e 趋于无穷大。随负荷 P_e 增大,机械效率迅速增加, g_e 迅速下降。

g_e 曲线越低、越平坦,发动机经济性越好。

(2) 每小时耗油量 G_T 曲线

每小时耗油量取决于节气门开度和混合气浓度。随节气门开度增大,混合气量增多,每小时耗油量上升,全负荷时,混合气加浓,使 G_T 迅速增加。

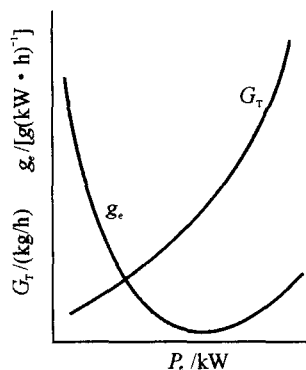


图 1-5 汽油机负荷特性

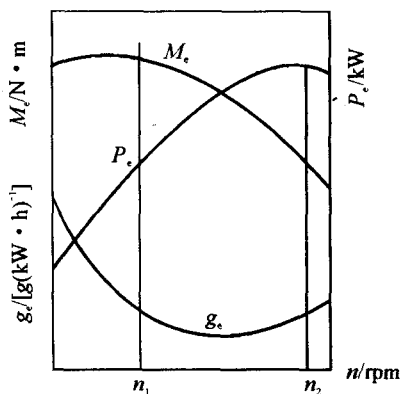


图 1-6 汽油机外特性

2. 汽油机速度特性

定义:当汽油机的节气门开度一定,其有效功率 P_e 、有效扭矩 M_e 和有效燃油消耗率 g_e 等性能指标随转速变化的关系称为汽油机的速度特性。如果节气门全开,得到的速度特性又称为外特性,如图 1-6 所示。

速度特性分析:

(1) 有效扭矩 M_e 曲线

由公式 $M_e = K_z \eta_i \eta_m \eta_v / \alpha$ 可知,有效扭矩随转速变化的关系取决于 $\eta_i \eta_m \eta_v / \alpha$ 随转速变化的关系。

η_v ——充气系数,只在某一转速时,充气系数最大。这个转速是充分利用气体惯性多充气的最佳转速。当转速低于最佳转速时,充气系数随转速增加而增大;当转速高于最佳转速后,随转速提高,充气系数下降很快,这是由于进气阻力增大造成的。

η_i ——指示热效率,在某一转速时,指示热效率最大。当转速低时,由于燃烧室内空气涡流比较弱,可燃混合气燃烧速度小,散热快,指示热效率低;当转速过高时,燃烧过程所占曲轴转角比较大,燃烧热效率也比较低。

η_m ——机械效率,当转速提高时,机械损失增大,机械效率下降。

当节气门开度一定时, α 值基本不随转速变化而变化。

综合起来,转速由低逐渐升高,指示热效率 η_i 、充气系数 η_v 均上升,虽然,机械效率 η_m 略有下降,但总趋势使有效扭矩 M_e 上升,到某一点取得最大值。随转速继续上升, η_i 、 η_m 、 η_v 均下降,使 M_e 迅速下降,变化比较陡。

(2) 有效功率 P_e 曲线

由公式 $P_e = M_e n / 9550$ 可知,当转速提高时,有效扭矩 M_e 也增加,有效功率 P_e 迅速上升,直到 M_e 达到最大值以后, P_e 上升变得平缓,当 $M_e n$ 达最大时, P_e 也达到最大值,此后转速再增加,也不能抵消 M_e 的下降,故 P_e 下降。

从图 1-6 中可以看出,最大扭矩对应的转速为 n_1 ,最大功率对应转速为 n_2 , $n_1 \sim n_2$ 即是发动机工作转速范围。

(3) 有效燃油消耗率 g_e 曲线

由公式 $g_e = K / \eta_i \eta_m$ 可知, g_e 受 η_i 、 η_m 随转速变化而变化的影响。综合 η_i 、 η_m 变化, g_e 在中间某一转速时最低,当转速高于此转速时, η_i 、 η_m 随转速上升而下降, g_e 增加;当转速低于此转速时, η_i 上升弥补不了 η_m 的下降, g_e 也是增加的。但总起来, g_e 变化比较平坦。

复习思考题

1. 汽油机的理想循环有什么特点?
2. 简述发动机实际工作循环过程。
3. 什么是汽油机的外特性?
4. 画出汽油机外特性曲线,分析有效扭矩变化规律。

第二章 汽车动力性

第一节 汽车驱动力与行驶阻力

汽车在行驶过程中受到各种外力的作用,沿汽车行驶方向作用于汽车的外力有驱动力和行驶阻力,在垂直于地面方向有汽车重力在垂直于地面方向的分力和地面车轮的法向反力,在汽车横向平面还作用有侧向力。

汽车运动状态取决于作用在汽车上的各种外力之间的关系。汽车动力性就决定于汽车驱动力与行驶阻力以及附着力之间的关系。本节重点学习汽车驱动力、行驶阻力、附着力及地面法向反力的概念,建立汽车行驶驱动与附着条件及汽车驱动力平衡方程,这些是学习汽车动力性的基础。

一、驱动力 F_t

1. 驱动力的产生

发动机产生的扭矩经传动系传至驱动轮,驱动轮便产生一个作用于地面的切向作用力 F ,地面则对驱动轮产生一个与 F 大小相等方向相反的作用力 F_t , F_t 既是驱动力。如图 2-1 所示,其数值为

$$F_t = F = M_t / r \quad (2-1)$$

式中 M_t ——驱动轮上的转矩($\text{N} \cdot \text{m}$);

r ——车轮半径(m)。

$$M_t = M_e i_k i_0 \eta_T \quad (2-2)$$

式中 M_e ——发动机输出扭矩($\text{N} \cdot \text{m}$);

i_k ——变速器传动比;

i_0 ——主减速器传动比;

η_T ——传动系机械效率。

2. 影响驱动力大小的因素

从公式(2-1)及(2-2)中可以看出,驱动力的大小与发动机输出扭矩、传动系传动比、传动系机械效率及车轮半径有关。

发动机输出扭矩越大,车轮半径越小,驱动力越大。但车轮半径过小,影响汽车的通过

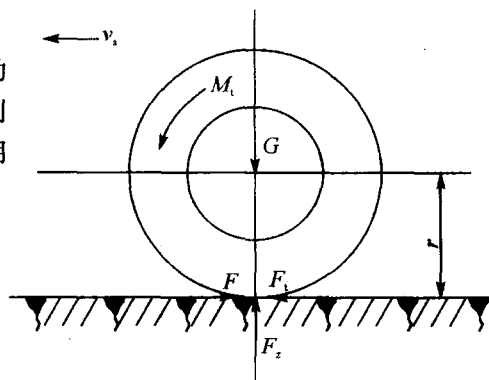


图 2-1 驱动力的产生

性能。因此不能通过减小车轮半径的方法,提高汽车驱动力。对某一车型,发动机最大输出扭矩一定,车轮半径一定,则驱动力的大小与传动系传动比及传动系机械效率关系密切。变速器选择低挡位,可以提高汽车驱动力,这也是汽车上坡时减挡的主要原因。

传动系机械效率越高驱动力也越大。传动系机械效率低主要是由于液力损失造成的。而影响液力损失的主要因素是润滑油的粘度,凡是能使润滑油粘度增大的因素,均会导致传动系机械效率的降低。另外,在汽车使用过程中,由于机件磨损,配合情况变坏,传动系机械效率也会不断下降。

二、行驶阻力

1. 滚动阻力 F_f

当车轮在路面上滚动时,由于两者的相互作用力和相应变形所引起的能量损失。

(1) 滚动阻力组成

装用弹性轮胎的汽车在坚硬路面上行驶,滚动阻力主要是由于车轮的弹性变形引起的;在松软路面上行驶时,滚动阻力主要是路面的塑性变形,其次是车轮的弹性变形。此外,在轮胎变形过程中,轮胎各组成部分之间还会产生摩擦阻力、胎面与路面接触部位相对滑移引起摩擦阻力等,也要消耗一定能量。这些消耗的能量总和构成滚动阻力。

(2) 滚动阻力的计算

弹性轮胎在硬路面上滚动时,轮胎的变形可以简化为无数微小弹性体依次被压缩和恢复松弛的过程,即整个轮胎可视为无数截面连续不断地进行加载(压缩)与卸载(恢复)过程。在加载过程中路面对轮胎所作的功与卸载过程中轮胎恢复变形所释放出的功大小不相等。如图 2-2 所示。两者之间的差即为轮胎变形过程中的能量损失,称为轮胎的弹性迟滞损失,这种损失转变为热量消失在大气中。由于弹性迟滞损失,使得地面法向反力相对于车轮法线不对称,如图 2-3 所示,其合力相对于法线前移,此合力与车轮承受载荷构成一个力偶,该力偶的方向与车轮滚动方向相反,阻碍车轮的滚动。

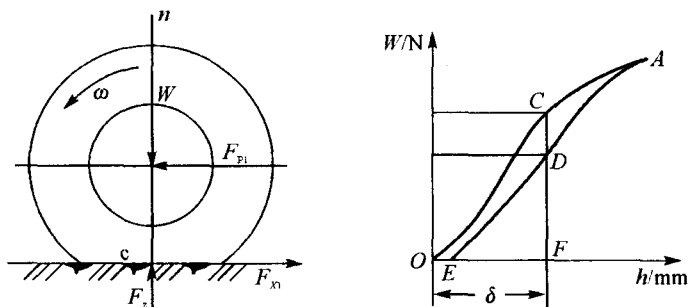


图 2-2 轮胎弹性迟滞损失

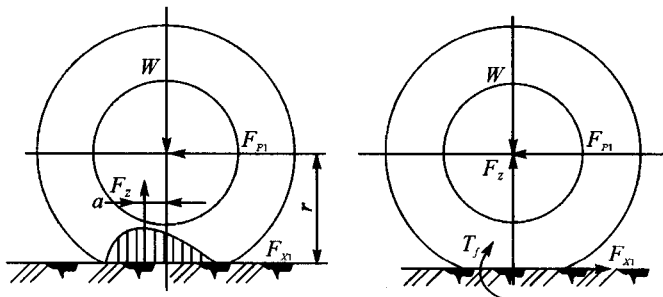


图 2-3 车轮滚动受力分析

为便于进行汽车动力性分析,将阻力偶简化为力,即滚动阻力

$$F_t = Gf \quad (2-3)$$

式中 G ——汽车重力;
 f ——滚动阻力系数。

(3) 影响滚动阻力系数的因素

滚动阻力系数是由试验确定的。其数值与轮胎结构形式、材料、气压车速等因素有关。在保证足够强度刚度前提下,减少帘布层数,可以减小滚动阻力系数。子午线轮胎的滚动阻力系数比较小,而且随车速提高变化小。轮胎的气压对滚动阻力系数影响很大,气压降低时,轮胎变形增大,滚动阻力系数增大。松软路面使滚动阻力系数增加很多。车速对滚动阻力系数的影响主要在高速区域。当汽车行驶车速达到 150 km/h 以上时,滚动阻力系数迅速增大,滚动阻力增加,能量损失增加,如果这种能量损失来不及散发出去,轮胎温升增加,就有发生爆胎的可能。这就是在炎热的夏天,高速公路上容易出现爆胎事故的主要原因之一。

2. 空气阻力 F_w

汽车在空气介质中行驶,相对于空气运动,空气作用力在行驶方向上的分力称为空气阻力。

(1) 空气阻力组成

空气阻力可分为摩擦阻力和压力阻力。摩擦阻力于车身表面质量及表面积有关,但比较小,只占空气阻力的 8%~10%。压力阻力是作用在汽车外形表面上法向压力的合力在行驶方向分力,主要由形状阻力、干扰阻力、诱导阻力和内循环阻力构成。形状阻力主要是由汽车形状引起的,占空气阻力的 58% 左右;干扰阻力是由车身的一些突起物,如门把手、后视镜等引起的,占空气阻力 14% 左右;诱导阻力是汽车行驶时的空气升力在行驶方向上的分力,占空气阻力 7% 左右;内循环阻力由于发动机冷却系统以及车身通风等所需要的空气在车体内流动引起的,占空气阻力 12% 左右。

(2) 空气阻力大小与影响因素

空气阻力可用下式计算

$$F_w = C_D A V_a^2 / 21.15 \quad (2-4)$$

式中 C_D ——空气阻力系数,由道路试验、风洞试验等方法获得;

A ——汽车迎风面积,即汽车行驶方向的投影面积(m^2);

V_a ——汽车车速(km/h)。

从公式(2-4)中可以看出,空气阻力与车速的平方成正比。车速越高,空气阻力越大。空气阻力与 C_D 、 A 成正比。降低 C_D 是减少空气阻力的重要手段,可提高汽车高速行驶时的燃油经济性,这要求汽车外形的流线型好。

3. 上坡阻力 F_i

当汽车上坡行驶时,汽车重力沿坡道的分力称为上坡阻力,如图 2-4 所示。即

$$F_i = G \sin \alpha \quad (2-5)$$

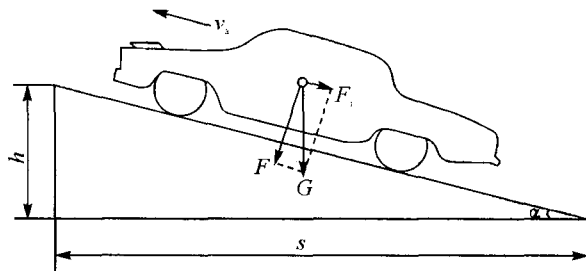


图 2-4 汽车上坡时受力图

式中, α 为道路坡度角。通常用坡度 i 表示道路坡度角, $i = h/s = \tan \alpha \approx \sin \alpha$ ($\alpha < 10^\circ \sim 15^\circ$)

$$\text{则} \quad F_i = Gi \quad (2-6)$$

由于上坡阻力与滚动阻力都是与道路有关的阻力,而且与汽车重力成正比,所以可把这两种阻力合在一起,统称为道路阻力,用 F_Ψ 表示,

$$F_\Psi = G\Psi \quad (2-7)$$

式中 Ψ ——道路阻力系数。

4. 加速阻力 F_j

汽车加速行驶时,需要克服汽车质量加速运动时的惯性力,这就是加速阻力。汽车质量包括平移质量和旋转质量两部分。加速时,平移质量产生惯性力,旋转质量产生惯性力偶矩。为计算方便,通常将旋转质量的惯性力偶矩转化为平移质量惯性力。因此,加速阻力为

$$F_j = m\delta j \quad (2-8)$$

式中 m ——汽车质量;

δ ——质量换算系数;