

肖盛云 徐中明 编

汽车运用工程基础

QICHE YUNYONG GONGCHENG JICHU



重庆大学出版社

汽车运用工程基础

肖盛云 徐中明 编

重庆大学出版社

内 容 提 要

全书共十章,内容包括汽车的动力性、燃油经济性、行驶安全性、行驶平顺性与通过性,汽车公害、运行材料及合理使用、在特殊条件下的使用、技术状况的变化、故障与诊断、使用寿命等。本书除保留《汽车运用工程》的特点外,加强了汽车使用性能的深入分析与讨论和汽车运行材料的论述。

本书可作为汽车运用工程专业的教材,也可作为汽车拖拉机专业、车辆工程专业的教材或教学参考书,还可供汽车使用、维修部门的工程技术人员参考。

汽车运用工程基础

肖盛云 徐中明 编

责任编辑 陈晓阳

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

中国人民解放军后勤工程学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:362千

1994年4月第1版 1994年4月第1次印刷

印数:1-5500

ISBN 7-5624-0863-7/U·10 定价:9.30元

(川)新登字020号

前 言

《汽车运用工程基础》是汽车运用工程专业的一门主要课程。本书通过编者多年的教学实践,在重庆大学《汽车运用工程》讲义基础上编写而成。

本书除保留《汽车运用工程》特点外,加强了汽车使用性能的深入分析与讨论和汽车运行材料的论述。本书力求突出基本概念、基本理论,选材注重少而精。书中重点阐述了汽车使用性能,汽车合理使用的原理和措施,详细介绍了汽车运行材料的性能要求与合理使用,同时分析了汽车技术状况的变化规律,论述了汽车故障及其诊断要领,并对汽车使用寿命作了简要介绍。为了缩减篇幅,将汽车运用条件编排在绪论中,仅介绍基本概念。书后附有各章思考题与习题,供教师和学生选用。

本书可作为汽车运用工程专业、汽车拖拉机专业、车辆工程专业的专业课教材,也可供从事汽车使用、维修部门的工程技术人员参考。

本书由重庆大学肖盛云、徐中明编写。肖盛云编写绪论、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十章,徐中明编写第一章、第二章、第三章、第四章。因编者水平及编写思路所限,书中内容不当和错误难免,恳请读者批评指正。

本书的编写得到了重庆大学汽车工程系何渝生教授的关心和老师们热情支持,编写中参考了有关教材和资料,在此一并表示感谢。

编者

1992年11月

绪 论

一、汽车在交通运输中的地位

自 1886 年第一辆汽车诞生以来,汽车工业经历了一百多年的发展过程。汽车工业的发展带动和促进着诸如冶金、机械、石油、化工、电子工业及交通运输业、旅游业等几十个相关产业和行业的发展。现代汽车工业的发展推动着国民经济产业结构现代化的进程,现代汽车工业的水平直接反映汽车生产国的工业水平,现代汽车的产量直接影响着汽车生产国的财政收入和外汇收入。因此,汽车工业已成为各国国民经济的重要支柱。

现代汽车是世界各国国民经济和社会生活中不可缺少的交通运输工具。60 年代以来,载货汽车向大型化发展,使汽车在矿山、钢铁、建筑、石油与资源开发等部门运输量的比重逐步上升,各国采用变型改装车运输和集装箱运输等方式,不但扩大了汽车的用途,而且提高了运输质量,降低了运输成本。在农业生产过程中,汽车运输占有很重要的地位。越野汽车具有高通性,对军事、资源开发和边远地区的运输起着十分重要的作用。轿车用于上下班、采购、旅游或出差时代步,起到了节省时间,提高效益、加快生活节奏和使生活现代化的作用。在世界汽车总产量和保有量中,轿车所占的比例均高于 70%。正因为汽车的用途日益广阔,所以近 20 年来汽车产量不断增长,轿车更加普及。

现代交通运输体系可分为五种运输方式:公路、铁路、水路,航空和管道。运输业发展过程中,多数国家所经历的一个共同规律是,水路、铁路运输发展在先,公路运输后来居上,直至占据运输业主导地位。例如,日本运输结构的变化就十分典型,19 世纪至 20 世纪初,以海运为主;20 世纪初至 50 年代,由海运过渡到铁路运输为主;50 年代至 70 年代公路运输与铁路运输竞争;当今,汽车货运量已占全国货运总量的 90%,因此汽车运输在日本交通运输中占据了主导地位。

汽车运输的主要优势可概括为:(1) 面上运输优势。铁路、水运和航空运输必须设置固定的车站、码头和机场,是线上运输;公路可以深入到城乡各个角落,且公路上任何一点都可作汽车装卸的车站。(2) 直达性优势。统计资料表明,汽车运输的送达时间比水运快 2.6 倍,比铁路快 5.8 倍,由此汽车运输能获得显著的时间差效益;汽车运输周转环节少,把货物运到目的地只需一装一卸的环节,而铁路运输中,同一货物送达同一目的地,一般需要三装三卸的环节,由此汽车运输能获得较好的运输质量差效益;铁路适合大宗货物的长距离运输,汽车机动灵活,可适应不同的运距范围,由此汽车运输能获得理想的运距差效益。(3) 装载利用系数高的优势。一列火车的运输经济效益,取决于车厢的容量、车厢节数、特别是是否满载;然而,不同吨位的货物可选用相应装载量的车辆,不同类型的货物可选用不同型式的汽车运送。(4) 建设投资少,周期短的优势。铁路建设投资大,回收期一般要 12 年;公路

建设投资少,回收期一般为3~4年。

汽车在发挥积极作用的过程中,也带来了许多社会问题。汽车保有量多的国家和地区,车流密度大,交通拥挤,事故频繁;废气、噪声对环境的污染,形成了社会公害。1886年至今,地球上死于车祸的超过3300万人,在日本,曾因汽车废气的污染造成近万人中毒,数百人死亡的严重光化学烟雾中毒事件。当今为了保障交通安全和治理汽车公害,许多国家制定了越来越严的法规。

理想的汽车产品应满足技术性能要求、社会和法规要求、经济性要求、艺术造型要求、使用可靠性要求和维修方便性要求等。汽车制造业是公路运输发展的基础,汽车工业已成为中国国民经济的支柱产业。我们相信,我国必将有技术先进、质量可靠、品种齐全的车辆装备汽车运输业,适应与满足公路运输现代化的需要。

二、汽车运用的条件

汽车运用的条件是指影响汽车使用效果的外界条件。这个外界条件在空间和时间域中是不断变化的,因此,汽车一驾驶员系统功能发挥的好坏与外界条件密切相关。目前,汽车运用条件尚无统一的分类准则,通常根据外界条件的性质可分为:运输条件、道路条件、气候条件。

(一)运输条件

运输条件指运输对象的特点和要求所决定的影响车辆使用的各因素。

汽车运输分为货运和客运。

1. 货运

对于货运,人们最关心的是货物类别、货物运量、货运距离、装卸条件、运输类型和组织特点。

货物运量按托运货物的批量分为零担和整车两类。凡一次托运货物在3t以上为整车货物,不足3t为零担货物。需要较长时间或较多车辆才能运完的整车货物称为大宗货物。短时间内或少数车辆即能全部运完的货物称为小宗货物。只有配备不同吨位的货运车辆,才能合理的组织运输,取得较好的运输效益。据预测,2000年我国货车保有量的构成比例轻:中:重达到6:3:1时,才能适应汽车货运发展的需要。

货运距离是指货物由装货点到卸货点间的距离。我国以km为计量单位。运距长时,要求装载质量大的车辆;运距短时,要求车辆结构能较好的适应货物装卸的要求。

装卸条件决定了汽车装卸货时的停歇时间、装卸货的劳动量和费用。装卸条件取决于货物类别、运量、装卸点的稳定性、装卸机械化和装卸机械类型等因素。实践证明,合理地组织装卸作业,实现装卸机械化,对于提高运输生产率,降低运输成本具有重要的作用。

货物运输类型有多种分类方法,如城市货运、城乡货运;分散货运、集中货运等。城市货运的特点是运距短、道路条件好、货物种类繁多。城乡货运的特点是道路条件复杂,货物流转具有季节性。分散货运是指有本单位各自调度车辆,分散地从事货运工作,这种运输方式的车辆利用率、装载质量利用率、里程利用率均低。集中货运是指统一调度运输服务区内的车辆,集中组织货运工作,这种运输方式能提高车辆的装载质量利用率,降低运输成本。

货运的组织特点主要取决于车辆运行路线。货运车辆的运行路线可分为往复式、环形式和汇集式。往复式运行路线,是指货运车辆多次重复于两个货运点间行驶的路线。长距离的

往复式运行路线宜采用速度性能优良、装载质量大的汽车列车,环形式运行路线,是指将几个货运方向的运行路线依次连接成一条封闭路线。汇集式运行路线,是指车辆沿运行路线上各货运点依次分别或同时装卸货物,且每次运量都小于一整车时的运行路线。用于环行式或汇集式运行路线的车辆,其装载质量应与每次的运量相适应,且结构应便于货物的装卸。

2. 客运

客运可分为公共汽车运输和小客车运输。公共汽车运输是大型的客运形式,它包括定线的公共汽车运输和为会议、旅游等服务的包车。小客车运输是一种为单个乘客或少量乘客服务的出租汽车运输。出租车能将旅客直接送达目的地,以补充定线公共汽车运输之不足。

客运对汽车使用性能的最基本要求是为旅客提供最佳的方便性。

(二)道路条件

道路条件是指由道路状况所决定的、影响车辆使用的因素。道路条件包括公路等级和道路质量。

1. 公路等级

我国公路工程技术标准(JTJ₁-88)按公路的交通量及其使用任务、性质将公路分为五级:

高速公路,一般能适应的年平均昼夜汽车(折合轿车)交通量为25000辆以上,为具有特别重要的政治、经济意义,专供汽车分道高速行驶并全部控制出入的公路。

一级公路,一般能适应的年平均昼夜汽车交通量为5000~25000辆,为连接重要政治、经济中心,通往重点工矿区,可供汽车分道行驶并部分控制出入,部分立体交叉的公路。

二级公路,一般能适应按各种车辆折合成载货汽车的年平均昼夜交通量为2000~5000辆,为连接政治、经济中心或大工矿区、港口、机场等地的公路。

三级公路,一般能适应按各种车辆折合成载货汽车的年平均昼夜交通量为2000辆以下,为沟通县及县以上城市的一般干线公路。

四级公路,一般能适应按各种车辆折合成载货汽车的年平均昼夜交通量为200辆以下,为沟通县、乡(镇)、村等的公路。

每级公路都规定了相应的技术标准,如道路宽、车道数量、纵坡、平曲线半径和路面等级等。各级公路都规定了计算行车速度。因此,必须从全面的、经济的观点来规划公路等级。

2. 路面质量

路面质量的主要特征包括:承重能力、硬度、平整度、粗糙度、路面颜色等。汽车的燃料消耗、大修里程、使用寿命、行车安全性等,受路面质量的影响。为此,要求路面具有足够的强度、良好的平整度、适当的粗糙度,以保证汽车的附着条件和最小的运行阻力,充分发挥汽车的使用性能。

(三)气候条件

气候条件是指由环境气候所决定的、影响车辆使用的因素。

我国地域辽阔,南北地区的气温相差很大,西北、西南地区气候条件极为复杂,不同季节相对湿度悬殊,高原山区空气稀薄。

环境温度对汽车工况产生很大影响,特别是影响发动机热工况。寒冷地区发动机起动困难,燃料消耗多,机件磨损增加;炎热地区发动机容易过热,工作效率降低,油耗增高;高原、山区发动机充气不足,降低发动机动力性和经济性。因此,必须重视车辆结构的适应性,采取

合理的技术措施,保证车辆适应不同的气候条件。

三、汽车运用工程的现代化展望

我国汽车运输事业发展较快,汽车运用工程已形成完整体系。但是,现有的汽车运用工程体系尚不能适应社会主义现代化建设的要求,因此迫切要实现汽车运用工程的现代化。

(一)实现汽车运输现代化

1. 增加运输车辆的品种和数量,提高车辆利用率,改进车辆的使用性能。
2. 实现汽车运输装卸机械化。汽车运输装卸机械化的发展趋势有:(1) 发展有利于货物装卸的专用化车身;(2) 发展随车装卸设备;(3) 发展集装箱和集装箱装卸机械;(4) 发展运输托板和叉车装卸机械。

(二)改善运行条件

1. 改善现有道路

我国公路通车里程虽然超过一百万公里,但公路标准低,等外级公路占 30%左右,铺有高级、次高级路面的公路仅占 26%。因此,必须改善原有道路条件,提高现有公路的通过能力。

2. 发展现代化新型公路

我国公路以平均每平方公里国土面积计的公路密度只有美国的 $\frac{1}{7}$,居世界 49 位。为满足现代化运输的大流量、高速度、重型化、舒适、安全的要求,必须大力发展现代化新型公路——高速公路。

(三)实现管理现代化

1. 实现公路交通控制自动化;
2. 实现汽车运输管理现代化;
3. 实现汽车维护作业现代化;
4. 实现汽车修理工作现代化。

四、本课程的任务和要求

汽车运用工程主要研究在汽车整个寿命期内,如何以最少的耗费维持和充分发挥汽车固有的性能。汽车运用的核心就是汽车的“管、用、养、修”。《汽车运用工程基础》是汽车运用工程专业学生必修的专业课。本课程的任务是使学生学会评价汽车使用性能、分析其影响因素,学会汽车合理使用的原理和方法,掌握汽车技术状况变化规律及其诊断要领,懂得汽车故障的概念及原因,了解汽车使用寿命的评价方法。

汽车运用工程这门学科既建立在一系列学科的基础上,又是其他相关技术学科的基础。它不仅涉及到概率论、数理统计、运筹学、经济数学、计算数学、物理、化学等基础学科,还涉及到汽车制造工艺学、燃料和润滑材料学、金属学等应用技术学科,更与汽车、发动机结构、理论学密切相关。学习《汽车运用工程基础》这门课程时,应理论联系实际,做到专业知识与基础知识相结合,多读参考书,扩大知识面,努力锻炼和培养汽车运用的技能。

目 录

绪论

第一章 汽车的动力性	1
第一节 汽车动力性的评价指标.....	1
第二节 汽车的驱动力和行驶阻力.....	1
第三节 汽车行驶的驱动—附着条件与汽车的附着力	10
第四节 汽车的动力性分析	13
第五节 影响汽车动力性的因素	17
第六节 汽车动力的合理使用	20
第七节 汽车的动力性试验	26
第二章 汽车的燃油经济性	28
第一节 汽车燃油经济性的评价指标	28
第二节 汽车燃油经济性的计算	29
第三节 影响汽车燃油经济性的因素	37
第四节 汽车传动系参数的选择	40
第三章 汽车的行驶安全性	45
第一节 汽车的制动性	45
第二节 汽车的操纵稳定性	61
第三节 汽车的被动安全性	70
第四章 汽车的行驶平顺性与通过性	74
第一节 汽车的行驶平顺性	74
第二节 汽车的通过性	80
第五章 汽车公害	87
第一节 概述	87
第二节 排气公害	87
第三节 噪声公害	97
第四节 电波公害.....	103
第六章 汽车运行材料及合理使用	104
第一节 汽车燃料.....	104
第二节 汽车润滑材料.....	112

第三节 汽车用特种液·····	141
第四节 汽车轮胎·····	146
第七章 汽车在特殊条件下的使用·····	149
第一节 汽车走合期的使用·····	149
第二节 汽车在低温条件下的使用·····	154
第三节 汽车在高温条件下的使用·····	164
第四节 汽车在高原和山区条件下的使用·····	167
第五节 汽车在坏路或无路条件下的使用·····	170
第八章 汽车技术状况的变化·····	173
第一节 概述·····	173
第二节 汽车技术状况变化的规律·····	175
第九章 汽车故障与汽车诊断·····	180
第一节 汽车故障·····	180
第二节 汽车诊断·····	182
第三节 汽车诊断参数·····	183
第四节 发动机技术状况的诊断·····	185
第五节 底盘技术状况的诊断·····	192
第六节 汽车检测站·····	202
第十章 汽车使用寿命·····	207
思考题与习题·····	215
主要参考文献·····	220

第一章 汽车的动力性

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平均速度来体现的。影响汽车行驶平均速度的最主要的汽车使用性能是汽车的动力性。

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重要、最基本的性能。

本章首先讨论汽车动力性的评价指标,然后从分析汽车的受力出发,建立汽车行驶方程式,以图表的形式按汽车动力性评价指标的要求确定汽车的动力性,在此基础上研究影响汽车动力性的主要因素和汽车动力的合理使用,最后简要介绍汽车的动力性试验。

第一节 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,汽车的动力性主要可由下面三个指标来评定,即:

- (1) 汽车的最高车速 $V_{\max}$, 单位为 km/h;
- (2) 汽车的加速时间 t , 单位为 s;
- (3) 汽车能爬上的最大坡度简称最大爬坡度 $i_{\max}$, %。

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

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汽车由第 I 档或第 II 档起步,并以最大的加速强度(包括选择恰当的换档时机)逐步换至最高档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档或次高档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 $0 \rightarrow 400\text{m}$ ($0 \rightarrow 0.25\text{mile}$) 的秒数或用 $0 \rightarrow 100\text{km/h}$ ($0 \rightarrow 60\text{mile/h}$) 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档或次高档由 30km/h 或 40km/h 全力加速行驶至某一高速所需的时间。还有用加速曲线即车速—时间关系曲线全面反映汽车加速能力的。

汽车的爬坡能力是用满载时汽车在良好路面上的最大爬坡度 $i_{\max}$ 来表示的。显然,最大爬坡度是指 I 档最大爬坡度。对于轿车,一般不强调它的爬坡能力,对货车一般 $i_{\max}$ 在 30% 即 16.5° 左右,越野汽车 $i_{\max}$ 可达 60% 即 30° 左右或更高。

第二节 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,就可以确定汽车的运动状况,从而估算汽车的最高车速、加速度和最大爬坡度。

汽车的驱动力与行驶阻力的平衡关系式称为汽车的行驶方程式。汽车行驶方程式为

$$F_t = \Sigma F$$

式中 F_t ——汽车的驱动力;

ΣF ——汽车行驶阻力之和。

汽车行驶方程式是研究汽车动力性的基础,本节将分别研究汽车的驱动力和行驶阻力,然后将上述方程具体化。

一、汽车的驱动力

驱动力是由发动机的转矩经传动系传至驱动轮上得到的。

汽车发动机产生的有效转矩 T_q ,经汽车传动系传到驱动轮上,此时作用于驱动轮上的转矩 T_t 产生一个对地面的圆周力 F_0 ,地面对驱动轮的反作用力 F_t (方向与 F_0 相反)即是驱动汽车的外力——汽车的驱动力(图 1-1),单位为 N。其数值为 $F_t = T_t / r$

式中 T_t ——作用于驱动轮上的转矩,单位为 $N \cdot m$;

r ——车轮半径,单位为 m。

若发动机发出的有效转矩为 T_q ,变速器的传动比为 i_g ,主减速器传动比为 i_0 ,传动系的机械效率为 η_T ,则作用于驱动轮上的转矩为

$$T_t = T_q i_g i_0 \eta_T \quad (1-1)$$

对于装有分动器、轮边减速器、液力传动等装置的汽车,上式应计入相应的传动比和机械效率。

根据作用力与反作用力相等的原理,汽车的驱动力为

$$F_t = F_0 = T_t / r = T_q i_g i_0 \eta_T / r \quad (1-2)$$

下面对式(1-2)中的发动机转矩、传动系机械效率及车轮半径作一些讨论,最后作出汽车的驱动力图。

(一)发动机转矩

求解汽车动力性主要指标最重要的依据之一是驱动力随车速变化的数量关系,这一关系依从于发动机转矩随其转速的变化关系,即发动机的速度特性。

发动机制造厂提供的发动机特性曲线常是在试验台上未带空气滤清器、水泵、风扇、消声器、发电机等条件下测得的,带上全部附件时的发动机特性曲线称为使用特性曲线。使用外特性曲线的功率小于外特性的功率。图 1-2 是某汽车发动机的外特性和使用外特性中的功率、转矩和油耗曲线。一般汽油发动机使用外特性的最大功率比外特性的最大功率约小 15%;货车柴油机的使用外特性最大功率约小 5%;轿车与轻型汽车柴油机约小 10%。

需要指出的是,台架试验是在发动机工况相对稳定,即保持水、机油温度于规定的数值,并且在各个转速不变时测得的转矩、油耗数值;而在实际使用时,发动机的工况常是不稳定的,发动机的热状况、可燃混合气的浓度与台架试验时的稳定工况有显著差异。一般在不稳定工况下,发动机所提供的功率要比稳定工况时低 5~8%,但由于对发动机变工况时的特性研究得还不够,而且数值相差也不大,所以在进行动力性估算时,一般仍沿用台架试验稳

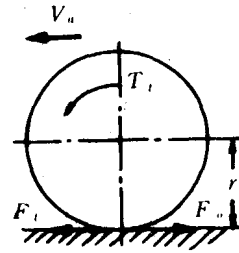


图 1-1 汽车的驱动力

定工况时所测得的使用外特性中的功率和转矩曲线。

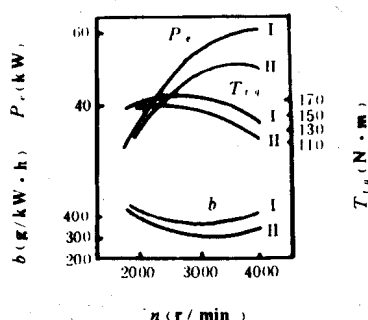


图 1-2 发动机外特性和使用外特性

I—外特性；II—使用外特性

为便于计算,常用多项式来描述由试验台测得的发动机外特性转矩曲线,即

$$T_{tq} = a_0 + a_1n + a_2n^2 + \dots + a_kn^k$$

式中系数 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$ 可由最小二乘法来确定;拟合阶数 k 随特性曲线而异,一般在 2、3、4、5 中选取。

例如,北京内燃机总厂生产的 492Q 汽油发动机,根据试验测得的数据,其转矩特性可用如下五次多项式来表示:

$$\begin{aligned} T_{tq} = & 160.39 - 0.110913n + 1.36485 \times 10^{-4}n^2 \\ & - 6.191286 \times 10^{-8}n^3 + 1.20898 \times 10^{-11}n^4 \\ & - 8.85607 \times 10^{-16}n^5 \end{aligned}$$

式中 T_{tq} ——发动机转矩,单位为 $N \cdot m$;

n ——发动机转速,单位为 r/min 。

发动机功率的单位如用 kW 表示,则功率和转矩有如下关系

$$P_e = T_{tq}n/9549 \quad (1-3)$$

(二)传动系的机械效率

发动机所发出的功率 P_e 经传动系传至驱动轮的过程中,为了克服传动系各部件中的摩擦,会消耗掉一部分功率 P_T ,传动系的机械效率为

$$\eta_T = (P_e - P_T)/P_e = 1 - P_T/P_e \quad (1-4)$$

传动系的功率损失由传动系中的部件——变速器、传动轴万向节、主减速器等功率损失所组成。其中变速器和主减速器的功率损失所占比重最大,其余部件的功率损失较小。

传动系功率损失可分为机械损失和液力损失两大类。机械损失是指齿轮传动副、轴承、油封等处的磨擦损失。机械损失与啮合齿轮的对数、传递的转矩等因素有关。液力损失指消耗于润滑油的搅动、润滑油与旋转零件之间的表面摩擦等功率损失。液力损失与润滑油的品种、温度、箱体内的油面高度以及齿轮等旋转零件的转速有关。

传动系的机械效率是在专门试验台上测得的。试验结果表明,在直接档工作时啮合的齿轮不传递转矩,因此比超速档和其它档位时的效率要高。同一档位转矩增加时,润滑油损失所占比例减少,机械效率较高。转速低时搅油损失小,比转速高时机械效率要高。

传动系的机械效率因受到多种因素的影响而有所变化,但在进行汽车动力性的初步分析时可把它看作一个常数,表 1-1 为传动系各部件的传动效率。采用有级机械变速器传动系的轿车,其传动系机械效率可取为 0.9~0.92,货车、客车可取为 0.82~0.85,越野汽车取 0.80~0.85。表 1-1 推荐的数值亦可用来估算汽车传动系的机械效率。

(三)车轮半径

轮胎的尺寸及结构直接影响着汽车的动力性。

车轮处于无载荷作用时的半径,称为自由半径 r_0 。

汽车静止时,在车重作用下,轮胎产生以径向变形为主的变形,车轮中心到轮胎与道路接触面间的距离称为静力半径 r_s 。车轮的静力半径小于其自由半径。

表 1-1 传动系各部件的传动效率

部 件 名 称	传 动 效 率 (%)
4~6 档变速器	95
辅助变速器(副变速器或分动器)	95
8 档以上变速器	90
单级减速主减速器	96
双级减速主减速器	92
传动轴的万向节	98

如以车轮转动圈数与实际车轮滚动距离之间的关系换算得出车轮半径,则称其为车轮的滚动半径 r_r ,

$$r_r = S/2\pi n$$

式中 n ——车轮转动的圈数;

S ——在转动 n 圈时车轮滚动的距离。

显然,对汽车作动力学分析时,应该用静力半径 r_s ;而作运动学分析时,应该用滚动半径 r_r 。但在一般的分析中常不计它们之间的差别,统称为车轮半径 r ,即认为

$$r \approx r_s \approx r_r$$

(四)汽车的驱动力图

一般用驱动力与车速之间的函数关系曲线 F_t-V_a 来全面表示汽车的驱动力,称为汽车的驱动力图。汽车驱动力图直观地显示变速器处于各档位时,驱动力随车速变化的规律。

在发动机外特性曲线、传动系的传动比、传动系的机械效率、车轮半径等参数已知或确定后,可作出汽车的驱动力图,如图 1-3 所示。

作驱动力图时,首先用式(1-2)即

$$F_t = T_{tq} i_g i_0 \eta_T / r$$

求出汽车变速器处于各档位,不同发动机转速时的驱动力 F_t 值,再根据发动机转速 n 与汽车行驶速度 V_a 之间的转换关系

$$V_a = 0.377rn/i_g i_0 \quad (\text{km/h}) \quad (1-5)$$

求出各发动机转速 n 和在变速器处于不同档位时的车速 V_a ,即可求得各个档位的 F_t-V_a 曲线即汽车的驱动力图。

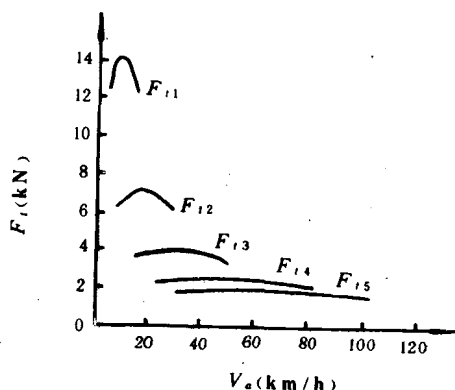


图 1-3 某货车的驱动力图

二、汽车的行驶阻力

汽车在水平道路上直线等速行驶时,必须克服来自地面与轮胎相互作用而产生的滚动阻力和来自车身与空气相互作用而产生的空气阻力。滚动阻力以符号 F_f 表示,空气阻力以符号 F_w 表示。当汽车在坡道上直线上坡行驶时,还必须克服其重力沿坡道的分力,称为坡度阻力,以符号 F_i 表示。汽车直线加速行驶时,还需克服加速阻力,以符号 F_j 表示。因此,汽车直线行驶时其总阻力为

$$\Sigma F = F_f + F_w + F_i + F_j$$

上述汽车各种行驶阻力中,滚动阻力 F_f 和空气阻力 F_w 是在任何行驶条件下都存在的,坡度阻力 F_i 和加速阻力 F_j 仅在一定行驶条件下存在。汽车下坡时, F_i 为负值,此时汽车重力沿坡道的分力已不是汽车的行驶阻力,而是动力了。同样,汽车减速行驶时,惯性作用是使汽车前进的, F_j 也为负值,亦不是阻力了。在水平道路上等速直线行驶时,就没有坡度阻力和加速阻力。

下面分别讨论上述四种汽车行驶阻力。

(一)滚动阻力

车轮滚动时,轮胎与路面在接触区域内产生法向和切向的相互作用力,以及相应的轮胎和支承路面的变形。无论是轮胎还是路面的这些变形都伴随着能量损失。这些能量损失是产生滚动阻力的根本原因。

当弹性车轮在硬路面上滚动时,轮胎的变形是主要的。此时由于轮胎有内部摩擦产生弹性迟滞损失,使轮胎变形时对它作的功不能全部收回。图 1-4 为 9.00-20 轮胎在硬路面上受径向载荷作用时的变形曲线。图中 OCA 为加载变形曲线,面积 $OCABO$ 为加载过程中对轮胎作的功, ADE 为卸载变形曲线,面积 $ADEBA$ 为卸载过程中轮胎恢复变形时放出的功。两面积之差 $OCADEO$ 即为加载与卸载过程之能量损失。此能量系消耗在轮胎各组成部分相互间的摩擦以及橡胶、帘线等物质的分子间摩擦,最后转化为热能而消失在大气中。这种损失即称为弹性物质的迟滞损失。

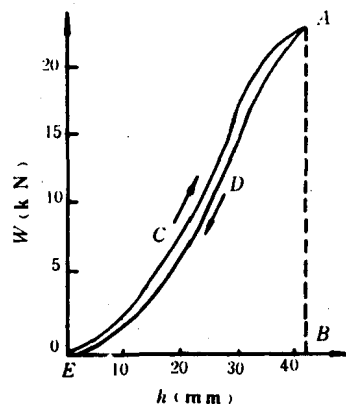


图 1-4 9.00-20 轮胎径向变形曲线

进一步分析表明,正是这种弹性迟滞损失表现为阻碍车轮滚动的一种阻力偶。当车轮受径向载荷作用但不滚动时,地面对车轮的法向反作用力的分布是前

后对称的;当车轮滚动时,在法线 nn' 前后相对应点 d 和 d' (图 1-5a) 变形虽然相同,但由于弹性迟滞现象,处于压缩加载过程的前部 d 点的地面法向反作用力就会大于处于恢复卸载过程的后部 d' 点的地面法向反作用力。这从图 1-5b 中可以看出,设取同一变形 δ , 压缩时的受力为 CF , 恢复时受力为 DF , 而 CF 大于 DF 。这样,就使地面法向反作用力的分布前后并不对称,从而使它们的合力 F_z 相对于法线 nn' 向前移了一个距离 a (图 1-6a), 它随弹性迟滞损失的增大而变大。合力 F_z 与法向载荷 W 大小相等, 方向相反。

如将法向反力 F_z 平移至与通过车轮中心的垂线重合, 则从动轮在硬路面上滚动时的受力情况可画为图 1-6b 所示的形式, 即滚动时有滚动阻力偶矩 $T_f = F_z a$ 阻碍车轮滚动。

由图 1-6 可知, 欲使从动轮在硬路面上等速滚动, 必须在车轮中心加一推力 F_{p1} , 它与地面切向反作用力构成一力偶矩来克服上述滚动阻力偶矩。由力矩平衡得

$$F_{p1} r = T_f$$

故 $F_{p1} = T_f / r = F_z \cdot \frac{a}{r}$

若令 $f = a/r$, 且考虑到 F_z 与 W 大小相等, 常将上式写作

$$F_{p1} = W \cdot f \text{ 或 } f = F_{p1}/W$$

f 称为滚动阻力系数。

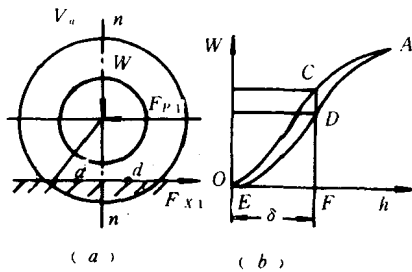


图 1-5 弹性车轮在硬路面上的滚动

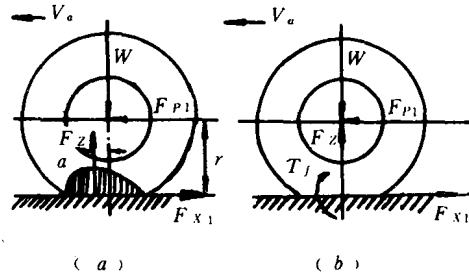


图 1-6 从动轮在硬路面上滚动时的受力情况

可见滚动阻力系数是车轮在一定条件下滚动时所需之推力与车轮负荷之比,即单位汽车重力所需之推力。换言之,滚动阻力等于滚动阻力系数与车轮负荷之乘积。

$$F_f = fW \quad (1-6)$$

且

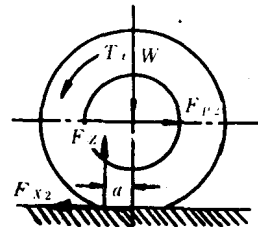
$$F_f = T_f/r$$

这样,在分析汽车行驶阻力时,不必具体考虑车轮滚动时所受到的滚动阻力偶矩,而只要知道滚动阻力系数求出滚动阻力便可以了(当然,滚动阻力无法在真正的受力图上表现出来,它只是一个数值)。这将有利于动力性分析的简化。

图 1-7 是驱动轮在硬路面上等速滚动时的受力图,图中 F_{x2} 为驱动力矩 T_i 所引起的道路对车轮的切向反作用力。 F_{p2} 为驱动轴作用于车轮的水平力。法向反作用力 F_z 也由于轮胎迟滞现象而使其作用点向前移动了一个距离 a ,即在驱动轮上也作用有滚动阻力偶矩 T_f 。由平衡条件得:

$$F_{x2}r = T_i - T_f$$

$$F_{x2} = \frac{T_i}{r} - \frac{T_f}{r} = F_t - F_f$$



对照图 1-1 可知,图 1-1 没有考虑车轮滚动阻力而求得驱动力 F_t ,由上式可知,真正作用在驱动轮上驱动汽车行驶的力为地面切向反作用力 F_{x2} ,它的数值为驱动力 F_t 减去驱动轮上的滚动阻力 F_f 。所以,图 1-1 只是一种定义,和滚动阻力一样,在受力图上驱动力是画不出来的。

综上所述,轮胎的弹性迟滞损失是以车轮滚动阻力偶矩的形式表现为对汽车行驶的一种阻力。

滚动阻力系数由试验确定。滚动阻力系数的大小与路面的种类、行驶车速以及轮胎的构造、材料、气压等有关。表 1-2 给出了汽车在一些路面上以中、低速行驶时滚动阻力系数的大致数值。

行驶车速对滚动阻力系数有很大影响。货车及轿车轮胎在车速低于 100km/h 时,滚动阻力系数随车速增加而逐渐增大但变化不大。轿车轮胎在 140km/h 以上时增长较快,车速

达到某一临界车速例如 200km/h 时,滚动阻力系数迅速增大,此时轮胎发生驻波现象,轮胎周缘不再是圆形而呈明显的波浪状,轮胎温度也很快增加到 100℃ 以上,胎面与轮胎帘布层脱落,几分钟内就会出现爆破现象,这对高速行驶是一件很危险的事情。

表 1-2 滚动阻力系数 f 的数值

路面类型	滚动阻力系数
良好的沥青或混凝土路面	0.010~0.018
一般的沥青或混凝土路面	0.018~0.020
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
压紧土路:干燥的	0.025~0.035
雨后的	0.050~0.150
泥泞土路(雨季或解冻期)	0.100~0.250
干砂	0.100~0.300
湿砂	0.060~0.150
结冰路面	0.015~0.030
压紧的雪道	0.030~0.050

轮胎的结构、帘线和橡胶的品种对滚动阻力都有影响。子午线轮胎的滚动阻力系数较低。轮胎充气压力对 f 值有很大影响,气压降低时 f 值迅速增加,这是因为气压降低时,滚动的轮胎变形大,迟滞损失增加的缘故。

径向载荷对滚动阻力系数的影响很小,可以认为滚动阻力系数不随径向载荷的大小而变化。

可以用经验公式大致估算在良好路面上滚动阻力系数的数值。例如有人推荐轿车轮胎的滚动阻力系数可用下式来估算

$$f = f_0(1 + V_a^2/19400)$$

式中的 f_0 值

良好沥青或水泥路面 0.014

卵石路面 0.025

砂石路面 0.020

货车轮胎气压高,有人推荐用如下计算公式来计算滚动阻力系数

$$f = 0.0076 + 0.000056V_a$$

上面讨论滚动阻力时,是在汽车直线行驶条件下进行的,在转弯行驶时,轮胎发生侧偏现象,滚动阻力大幅度增加,试验表明,这种由于转弯行驶增加的滚动阻力,已接近直线行驶时的 50~100%。

(二)空气阻力

汽车直线行驶时受到的空气作用力在行驶方向上的分力称为空气阻力。空气阻力分为压力阻力与摩擦阻力两部分。作用在汽车外形表面上的法向压力的合力在行驶方向的分力称为压力阻力。摩擦阻力是由于空气的粘性在车身表面产生的切向力的合力在行驶方向的