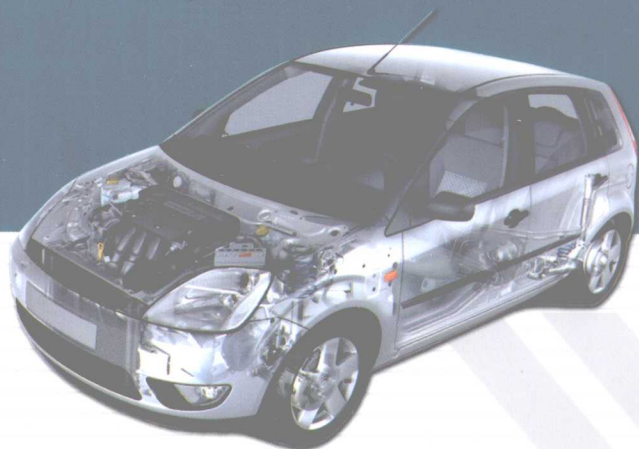




高职高专汽车类专业技能型教育规划教材

汽车运用技术

QICHE YUNYONG JISHU



赵英勋 主编



赠教学课件
www.cmpedu.com
www.golden-book.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专汽车类专业技能型教育规划教材

汽车运用技术

主 编 赵英勋

副主编 赵 巍 丁礼灯

席 敏 罗怡红



机械工业出版社

本书是高职高专汽车类专业技能型教育规划教材,主要内容有:汽车使用性能、汽车电子控制系统的使用、汽车在特殊条件下的使用、汽车运行材料及其使用、汽车公害及防治、汽车技术状况及其变化、汽车更新、汽车购置、汽车驾驶与安全行驶。

本书既有较强的理论性,又有较强的实践性和针对性。编者根据多年的教学经验和汽车类高职高专教育的特点,在内容上加强了对汽车运用理论和实践程度的把握,力求把传授知识和培养能力有机地结合起来,注重对学生分析问题和解决问题能力的培养,并配有相应的学习目标、实训项目和复习思考题。

本书可作为高职高专汽车类各专业的教材,也可供汽车运用、交通管理、车辆工程方面的工程技术人员和管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车运用技术/赵英勋主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 2
高职高专汽车类专业技能型教育规划教材
ISBN 978-7-111-26118-6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 092690 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:赵海青 版式设计:霍永明 责任校对:魏俊云
封面设计:王伟光 责任印制:邓 博

北京京丰印刷厂印刷
2009 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·19.5 印张·477 千字
0 001—3 000 册
标准书号: ISBN 978-7-111-26118-6
定价: 37.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294
购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010)88379353
封面无防伪标均为盗版

“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”

编 委 会

主 任 蔡兴旺（韶关大学）

副主任 胡光辉（湖南交通职业技术学院）

梁仁建（广东轻工职业技术学院）

编 委（按姓氏笔画排序）：

万 捷（北京计划劳动管理干部学院）

马 纲（江苏城市职业学院）

仇雅莉（湖南交通职业技术学院）

戈秀龙（嘉兴职业技术学院）

王 飞（广州城市职业学院）

王一斐（甘肃交通职业技术学院）

王海林（华南农业大学）

刘 威（北京计划劳动管理干部学院）

刘兴成（甘肃交通职业技术学院）

纪光兰（甘肃交通职业技术学院）

何南昌（广州科技职业技术学院）

吴 松（广东轻工职业技术学院）

张 涛（沈阳理工大学应用技术学院）

李佑慧（云南交通职业技术学院）

李庆军（黑龙江农业工程职业学院）

李建兴（宁波城市职业技术学院）

李泉胜（嘉兴职业技术学院）

陈 红（广州科技职业技术学院）

范爱民（顺德职业技术学院）

范梦吾（顺德职业技术学院）

贺大松（宜宾职业技术学院）

赵 彬（无锡商业职业技术学院）

赵海波（沈阳理工大学应用技术学院）

夏长明（广州金桥管理干部学院）

钱锦武（云南交通职业技术学院）

曹红兵（浙江师范大学职业技术学院）

黄红惠（江苏城市职业学院）

谭本忠（广州市凌凯汽车技术开发有限公司）

序 言

据统计,“十一五”期间中国汽车运用维修人才缺口 80 万。未来 5 年汽车人才全面紧缺,包括汽车研发人才、汽车营销人才、汽车维修人才和汽车管理人才等。2003 年,教育部启动了“国家技能型紧缺人才培养项目”,“汽车运用与维修”是其中的项目之一。2006 年,教育部和财政部又启动了国家示范性高等职业院校建设计划,其中的一个重要内容就是以学生为主体,以就业为导向,建立新的职教课程体系、教育模式与教学内容,而教材建设是最重要的一个环节。

为适应目前高等职业技术教育的形势,机械工业出版社汽车分社召集了全国 20 多所院校的骨干教师,于 2007 年 6 月在广东省韶关大学组织召开“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”研讨会,确定了本套教材的编写指导思想和编写计划,并于 2007 年 8 月在湖南长沙召开“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”主编会,讨论并通过了本套教材的编写大纲。

本套教材紧紧围绕职业工作需求,以就业为导向,以技能训练为中心,以“更加实用、更加科学、更加新颖”为编写原则,旨在探索课堂与实训的一体化,并具有如下特点:

1. 教材编写理念:融入课程教学设计新理念,以学生为主体,以老师为指导,以提高学生实践职业技能和创新能力为目标,理论紧密联系实践,思想性和学术性相统一。理论知识以够用为度,技能训练面向岗位需求,注重结合汽车后市场服务岗位群和维修岗位群的岗位知识和技能要求,使学生学完每一本教材后,都能获得该教材所对应的岗位知识和技能,反映教学改革和课程建设的新成果。

2. 教材结构体系:根据职业工作需求,采用任务驱动、项目导向的新模式构建新课程体系。理论教学与技能训练有机融合,系统性与模块化有机融合,方便不同学校、不同专业、不同实验条件剪裁选用。

3. 教材内容组织:精选对学生终身有用的基础理论和基本知识,突出实用性、新颖性,以我国保有量较大的轿车为典型,注意介绍汽车的新结构、新技术、新方法和新标准,加强“实训项目”内容的编写,引导学生在“做”中“学”。内容安排采用实例引导的方式,以激发学生的阅读兴趣,符合学生的认知规律。

4. 教材编排形式:图文并茂,通俗易懂,简明实用,由浅入深,深浅适度,符合高职学生的心理特点。每一章均结合人力资源和社会保障部职业资格考试要求,给出复习思考题,使教学与职业资格考试有机结合。

此外,为构建立体化教材,方便教师和学生学习,本套教材配备了实训指导光盘



和多媒体教学课件。实训指导光盘的内容为实训项目的规范性操作录像和相关资料，附在教材中；多媒体教学课件专供任课教师采用，可在机械工业出版社教材服务网 (www.cmpedu.com) 和中国科技金书网 (www.golden-book.com/download/index.asp) 免费下载。

虽然本套教材的各参编院校在教、学、做一体化教学方面进行了有益的探索，但限于认识水平和工作经历，教材中难免仍有许多不足之处，恳请各位专家、同行给予批评指正。

高职高专汽车类专业技能型教育规划教材编委会

前 言

随着汽车工业的高速发展、汽车科技含量的迅速提高和汽车拥有量的不断增加，汽车运用涉及到社会生产和人民生活各个领域的诸多方面，应运而生的汽车运用技术已成为高职高专汽车类各专业的一门主要专业课。汽车运用技术是用科学方法研究合理运用汽车、发挥汽车最佳效能的工程技术。

本书是高职高专汽车类专业技能型教育规划教材，按汽车类高职高专教育的指导思想、培养目标、职业面向、教学特点和要求编写。本书以合理使用汽车为出发点，以实用为中心，以现代汽车为对象，以最新的汽车使用理论为依据，全面系统地介绍汽车运用技术。其主要内容有：汽车使用性能、汽车电子控制系统的使用、汽车在特殊条件下的使用、汽车运行材料及其使用、汽车公害及防治、汽车技术状况及其变化、汽车更新、汽车购置、汽车驾驶与安全行驶。

本书在原则上力求理论联系实际，注重能力培养，突出适应性、实用性和针对性；在内容上参阅了大量技术资料，把握了前瞻性、科学性、知识性和实用性；在叙述上做到了图文并茂、深入浅出、通俗易懂、简单明了。

本书由武汉科技大学赵英勋统稿主编。其中第1、5章由赵英勋编写，第2章由赵巍编写，第3、6章由丁礼灯编写，第4章由席敏编写，第7、8章由罗怡红编写，第9章由杨界平、刘常宁编写。

在本书撰写过程中，参阅了大量的书籍资料，获益匪浅，在此向这些作者表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，书中难免存在不足或错误，敬请各位读者批评指正。

编 者

目 录

序言

前言

第1章 汽车使用性能 1

1.1 汽车动力性 1

1.1.1 汽车动力性评价指标 1

1.1.2 汽车行驶原理 3

1.1.3 汽车动力性分析 7

1.1.4 影响汽车动力性的主要因素 11

1.1.5 在用汽车动力性检测与评价 15

1.2 汽车燃油经济性 20

1.2.1 汽车燃油经济性评价指标 20

1.2.2 汽车燃油经济特性 21

1.2.3 影响汽车燃油经济性的 主要因素 22

1.2.4 汽车燃油经济性检测及限值 27

1.3 汽车制动性 35

1.3.1 汽车制动性评价指标 35

1.3.2 汽车制动性分析 36

1.3.3 影响汽车制动性的主要因素 47

1.3.4 汽车制动性检测及标准 50

1.4 汽车操纵稳定性 57

1.4.1 汽车行驶稳定性 57

1.4.2 汽车转向特性 60

1.4.3 影响汽车操纵稳定性的因素 69

1.5 汽车行驶平顺性 73

1.5.1 汽车振动与人体反应 74

1.5.2 汽车行驶平顺性的评价 74

1.5.3 影响汽车行驶平顺性的因素 78

1.6 汽车通过性 81

1.6.1 汽车通过性几何参数 81

1.6.2 汽车通过性牵引支承参数 82

1.6.3 影响汽车通过性的因素 83

本章小结 85

复习思考题 86

实训一、汽车驱动轮输出功率检测 87

实训二、汽车等速百公里油耗检测 88

实训三、汽车制动性检测 88

第2章 汽车电子控制系统的使用 89

2.1 汽车发动机电子控制系统 89

2.1.1 概述 89

2.1.2 发动机电子控制系统的 主要功能 92

2.1.3 发动机电子控制系统的使用 100

2.2 汽车电子控制自动变速器 100

2.2.1 概述 100

2.2.2 电子控制自动变速器的 结构与原理 101

2.2.3 电子控制自动变速器的使用 110

2.3 汽车电子控制防抱死制动系统 115

2.3.1 概述 115

2.3.2 电子控制防抱死制动系统 116

2.3.3 电子控制防抱死制动系统 的使用 125

2.4 汽车电子控制防滑转系统 126

2.4.1 概述 126

2.4.2 电子控制防滑转系统 128

2.4.3 电子控制防滑转系统的使用 130

2.5 汽车巡航控制系统 131

2.5.1 概述 131

2.5.2 巡航控制系统 131

2.5.3 巡航控制系统的使用 133

本章小结 135

复习思考题 136

第3章 汽车在特殊条件下的使用 137

3.1 汽车走合期的使用 137

3.1.1 汽车走合期及其作用 137

3.1.2 汽车走合期的使用特点 138

3.1.3 汽车走合期的使用措施 138



3.2 汽车在低温条件下的使用	139	5.1.2 汽车排放污染物的影响因素	192
3.2.1 低温条件对汽车使用性能的影响	139	5.1.3 汽车排放污染物的控制	195
3.2.2 汽车在低温条件下的使用措施	142	5.1.4 汽车排放污染物检测及标准	197
3.3 汽车在高温条件下的使用	145	5.2 汽车噪声公害及防治	215
3.3.1 高温条件对汽车使用性能的影响	145	5.2.1 汽车噪声及其危害	215
3.3.2 汽车在高温条件下的使用措施	147	5.2.2 汽车噪声来源	215
3.4 汽车在高原和山区条件下的使用	148	5.2.3 汽车噪声的控制	217
3.4.1 高原和山区条件对汽车使用性能的影响	148	5.2.4 汽车噪声检测及标准	218
3.4.2 汽车在高原和山区条件下的使用措施	151	本章小结	228
本章小结	154	复习思考题	229
复习思考题	154	实训五、汽车排气污染物检测	229
第4章 汽车运行材料及其使用	156	第6章 汽车技术状况及其变化	230
4.1 汽车燃油及其使用	156	6.1 汽车技术状况变化分析	230
4.1.1 车用汽油及其使用	156	6.1.1 汽车技术状况的变化	230
4.1.2 车用柴油及其使用	160	6.1.2 汽车技术状况变化规律	232
4.2 汽车润滑剂及其使用	165	6.1.3 汽车技术状况变化的影响因素	233
4.2.1 发动机机油及其使用	165	6.2 汽车技术状况分级与评定	237
4.2.2 汽车齿轮油及其使用	170	6.2.1 汽车技术状况分级	237
4.2.3 汽车润滑脂及其使用	173	6.2.2 汽车平均技术等级	238
4.3 汽车特种液及其使用	177	6.2.3 汽车技术状况等级的评定	238
4.3.1 汽车制动液及其使用	177	本章小结	244
4.3.2 发动机冷却液及其使用	179	复习思考题	244
4.4 汽车轮胎及其使用	181	第7章 汽车更新	245
4.4.1 轮胎分类	181	7.1 汽车使用寿命	245
4.4.2 轮胎规格	182	7.1.1 汽车使用寿命概念	245
4.4.3 轮胎使用	185	7.1.2 汽车经济使用寿命	246
本章小结	188	7.2 汽车更新理论	247
复习思考题	189	7.2.1 汽车有形磨损	248
实训四、轮胎的使用与维护	190	7.2.2 汽车无形磨损	248
第5章 汽车公害及防治	191	7.2.3 汽车更新与磨损期关系	249
5.1 汽车排放公害及防治	191	7.3 汽车更新年限确定	249
5.1.1 汽车排放污染物的形成及危害	191	7.3.1 汽车更新年限确定方法	249
		7.3.2 汽车更新	251
		本章小结	252
		复习思考题	252
		第8章 汽车购置	253
		8.1 新车购置	253
		8.1.1 汽车购置动机	253



8.1.2 汽车购置原则	253	9.2.2 坡道驾驶	280
8.1.3 汽车购置方法	256	9.2.3 通过桥梁的驾驶	281
8.2 二手车购置	258	9.2.4 通过铁道的驾驶	281
8.2.1 二手车购买原则	258	9.2.5 通过隧道、涵洞的驾驶	281
8.2.2 二手车不买原则	259	9.3 汽车在高速公路上的驾驶	282
8.2.3 二手车选购技巧	259	9.3.1 高速公路的特点	282
8.2.4 二手车鉴别方法	260	9.3.2 高速公路的行驶要求	283
8.3 汽车登记	265	9.3.3 高速公路的驾驶	285
8.3.1 汽车注册登记	265	9.4 汽车在复杂环境条件下的驾驶	287
8.3.2 汽车变更登记	266	9.4.1 城市道路驾驶	287
8.3.3 汽车转移登记	267	9.4.2 夜间驾驶	289
8.3.4 汽车抵押登记	268	9.4.3 雨天驾驶	290
8.3.5 汽车注销登记	269	9.4.4 雾天驾驶	291
本章小结	270	9.4.5 冰雪道路驾驶	292
复习思考题	270	9.5 汽车安全行驶	293
第9章 汽车驾驶与安全行驶	271	9.5.1 汽车的安全设施	294
9.1 汽车基础驾驶	271	9.5.2 驾驶者的安全意识	294
9.1.1 汽车驾驶的姿势	271	9.5.3 驾驶者的驾驶技术	295
9.1.2 汽车操纵机构的运用	271	9.5.4 驾驶者的驾驶行为	295
9.1.3 基础驾驶操作	274	本章小结	297
9.2 汽车在一般道路上的驾驶	278	复习思考题	298
9.2.1 平路驾驶	278	参考文献	299

第1章

汽车使用性能



学习目标:

- 熟悉汽车主要使用性能及其评价指标。
- 掌握汽车主要使用性能的影响因素。
- 了解汽车主要使用性能的检测或试验方法。
- 学会分析、评价汽车主要使用性能。
- 知道如何提高汽车使用性能，合理使用汽车。

汽车使用性能是指汽车在一定的使用条件下，以最佳效益安全工作的能力。汽车的主要使用性能有汽车的动力性、经济性、制动性、操纵稳定性、行驶平顺性以及通过性。合理利用或改善汽车的使用性能，可以充分发挥汽车的功能，提高汽车运输生产率和降低运输成本。

1.1 汽车动力性

汽车动力性是指汽车以最大可能的平均行驶速度运送货物或乘客的能力。汽车作为一种高效率的运输工具，其运输效率的高低在很大程度上取决于汽车的动力性。因此，汽车动力性是汽车各种使用性能中最基本、最重要的一种性能。

1.1.1 汽车动力性评价指标

提高汽车的平均行驶速度，可提高汽车的运输生产率。从获得尽可能高的汽车平均行驶速度的观点出发，汽车的动力性可由汽车最高车速、汽车加速时间和汽车最大爬坡度等指标评价。对于在用汽车的动力性常用驱动轮输出功率和汽车加速时间等指标评价。

1. 汽车最高车速

汽车最高车速与试验条件（如路面、载荷等）有关。在我国，汽车的最高车速 $v_{\max}$ 是指汽车在风速不大于 3m/s 的条件下，在干燥、清洁、平直的良好路面（混凝土或沥青）上满载行驶所能达到的最高行驶速度（ km/h ）。

汽车最高车速对长途运输车辆的平均行驶速度影响最大。随着汽车制造业水平的提高，汽车最高车速有增加的趋势。轿车常行驶于良好的路面，追求高的动力性，因此轿车的最高车速 $v_{\max}$ 较高，其范围在 $140 \sim 300\text{km/h}$ ，我国中级轿车的最高车速约为 $170 \sim 230\text{km/h}$ 。表 1-1 列出了几种轿车的最高车速。



2. 汽车加速时间

汽车加速能力常用加速时间来表征。汽车加速时间是指汽车在风速不大于 3m/s 的条件下,在干燥、清洁、平直的良好路面上,满载时由某一低速加速到某一高速所需的时间(s)。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1档或2档起步,并以最大的加速强度,选择恰当的换档时机逐步换至最高档后到某一预定车速所需的时间。一般常用 $0 \rightarrow 100\text{km/h}$ 的秒数来表明汽车的原地起步加速能力。原地起步加速时间越短,则使用低速档的时间就越短,汽车平均行驶速度就越高,这对市区运输车辆有较大的影响。轿车的设计特别重视原地起步加速时间,其加速时间短。例如,中级轿车起步从 $0 \rightarrow 100\text{km/h}$ 所需时间约为 $10 \sim 17\text{s}$;高级轿车加速时间更短,如玛莎拉蒂 4200GT 轿车从 $0 \rightarrow 100\text{km/h}$ 所需的时间为 4.8s 。表 1-1 列出了几种轿车的原地起步加速时间。

超车加速时间是指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。它对长途运输车辆的平均行驶速度及安全行车有较大的影响。若超车加速时间越短,则表示加速性能越好,超车能力越强,超车时两车并行的行程短,行驶安全性高,平均行驶速度大。

表 1-1 几种轿车的最高车速和起步加速时间

项 目 车 型	最高车速 /(km/h)	起步加速时间 ($0 \rightarrow 100\text{km/h}$)/s	项 目 车 型	最高车速 /(km/h)	起步加速时间 ($0 \rightarrow 100\text{km/h}$)/s
富康 988EL	175	15.3	欧宝威达 3.2V6	247	7.5
赛欧 SL	170	12.7	奥迪 A8 L	250	5.5
本田雅阁 2.3L	195	12.3	宝来 1.8T	221	8.7
现代 XG30	220	10	奔驰 S 500	250	7.1

3. 汽车最大爬坡度

汽车的上坡能力用汽车最大爬坡度 $i_{\max}$ 来表示。汽车最大爬坡度 $i_{\max}$ 与试验条件(如路面、载荷等)有关。在我国,最大爬坡度 $i_{\max}$ 是指汽车在良好的路面上满载等速行驶所能通过的最大坡度,显然它就是汽车最低档时的最大爬坡度。

汽车的类型不同,则对最大爬坡度的要求也不一样。由于货车在各种路面上行驶,故要求具有较高的爬坡能力,一般货车的 $i_{\max}$ 在 30% 左右。而越野车由于在差路或无路条件下行驶,故应有更高的爬坡能力,通常越野车的最大爬坡度在 60% 左右。轿车通常在较好路面行驶,一般不强调其爬坡能力,但由于轿车第1档的加速能力大,故轿车的爬坡能力也强。汽车最大爬坡度对于在山区行驶车辆的平均行驶速度有很大的影响。

4. 驱动轮输出功率

常用发动机在额定转矩和额定功率时的驱动轮输出功率作为在用汽车动力性评价指标。驱动轮输出功率是指汽车发动机动力经传动系至驱动轮输出的功率。其功率计算如下:

$$P_t = \frac{T_t n_t}{9550} = P_e \times \eta_T \quad (1-1)$$

式中 P_t ——驱动轮输出功率(kW);

P_e ——发动机输出功率(kW);



T_t ——驱动轮输出转矩 ($\text{N} \cdot \text{m}$);

n_t ——驱动轮转速 (r/min);

η_T ——传动系机械效率。

驱动轮输出功率是汽车发动机和传动系工作过程的输出参数,它完全取决于发动机发出的功率和传动系的机械效率。汽车在使用过程中,发动机、传动系统的技术状况会逐渐下降,其驱动轮输出功率将因此而减小,所以用驱动轮输出功率的数值能评价在用汽车的动力性。

1.1.2 汽车行驶原理

欲使停止的汽车开始行驶,必须有与行驶方向相同的驱动力作用于汽车上。驱动力用来克服汽车行驶中的各种阻力,使汽车产生运动。若要汽车正常行驶,则必须满足汽车行驶的驱动与附着条件。

1. 汽车驱动力

汽车驱动力是指汽车行驶时,由地面提供给驱动轮的克服各种行驶阻力推动汽车前进的作用力。汽车驱动力产生原理如图 1-1 所示,汽车行驶时,发动机的输出转矩经由传动系的离合器、变速器、传动轴、主减速器施加一个驱动力矩 T_t 至驱动轮上,力图使驱动轮旋转。当驱动轮转动时,在轮胎与地面接触点,车轮对地面施加一个向后的切向作用力 F_0 ,与此同时,路面对车轮也施加了一个数值相等、方向与汽车行驶方向相同的切向反作用力 F_t ,则 F_t 就是推动汽车行驶的驱动力。驱动力的数值与发动机的转矩、传动系的参数和车轮滚动半径有关,其大小可用下式计算:

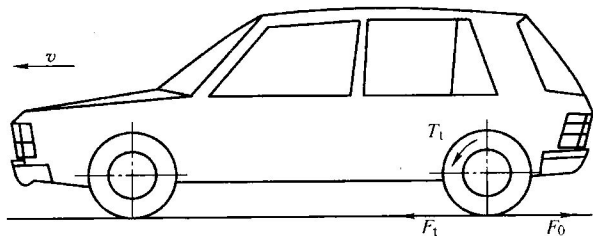


图 1-1 汽车驱动力产生原理

$$F_t = \frac{T_t}{r} = \frac{T_e i_0 i_g \eta_T}{r} \quad (1-2)$$

式中 F_t ——驱动力 (N);

T_e ——发动机输出的有效转矩 ($\text{N} \cdot \text{m}$);

i_g ——变速器的传动比;

i_0 ——主减速器的传动比;

η_T ——传动系统的效率;

r ——车轮半径 (m)。

2. 汽车行驶阻力

汽车行驶过程中,阻止汽车前进的阻力有滚动阻力、空气阻力、坡度阻力和加速阻力四种,这些阻力合称为行驶阻力。

(1) 滚动阻力 滚动阻力是指车轮在路面滚动时,轮胎与路面之间的相互作用和相应变形所产生的阻力。它主要由轮胎与路面变形所产生的能量损失引起。

弹性车轮在硬路面上滚动时,路面的变形很小,轮胎的变形是主要的,轮胎的弹性迟滞损失是产生滚动阻力的根本原因;车轮在沿松软路面(如松软土路、沙地、雪地等)滚动



时, 轮胎的变形较小, 而路面的变形较大, 路面变形引起的能量损失占主导地位。此外, 轮胎与路面存在纵向、横向的局部滑移以及汽车减振系统和车轮轴承内部都存在着摩擦。车轮在滚动时产生的这些变形和摩擦都要消耗发动机一定的动力, 因而形成滚动阻力。

滚动阻力与车轮的滚动紧密相连, 在汽车中、低速运行时, 它是行驶阻力的主要部分。其滚动阻力可用下式计算:

$$F_f = F_z f \quad (1-3)$$

式中 F_f ——滚动阻力 (N);

F_z ——地面对车轮的法向反力 (N);

f ——滚动阻力系数。

当总重为 G 的汽车在道路坡度角为 α 的路面行车时, 整车 $F_f = Gf \cos \alpha$ 。若在水平路面行车, 则 $F_f = Gf$, 此时滚动阻力系数的物理意义是: 单位汽车重力所需之推力。

滚动阻力系数通过试验测得。实际上滚动阻力系数是一变化值, 它与路况、车轮状态、行驶车速等都有关系。一般路面状况越好, 车轮滚动时的能量损失越少, 则滚动阻力系数就越小; 子午线轮胎因帘线层数少、弹性迟滞损失少使得其滚动阻力系数比普通斜交轮胎的小; 同类型轮胎, 在硬路面行车时, 若轮胎气压降低, 则轮胎变形增加, 弹性迟滞损失加大, 滚动阻力系数变大; 在路面及轮胎状况相同条件下, 车速越高, 轮胎周向、侧向扭曲变形就越大, 滚动阻力系数越大。表 1-2 给出了车速 50km/h 以下时不同路面的滚动阻力系数。

地面对车轮法向反力的大小与汽车重力、乘载情况和道路的坡度有关。汽车重力越大, 地面对车轮的法向反力就越大。

表 1-2 不同路面的滚动阻力系数

路面类型	滚动阻力系数	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	压紧的雨后上路	0.050 ~ 0.150
一般的沥青或混凝土路面	0.018 ~ 0.020	泥泞土路 (雨季或解冻期)	0.100 ~ 0.250
碎石路面	0.020 ~ 0.025	干沙	0.100 ~ 0.300
良好的卵石路面	0.025 ~ 0.030	湿沙	0.060 ~ 0.150
坑洼的卵石路面	0.030 ~ 0.050	结冰路面	0.015 ~ 0.030
压紧的干燥土路	0.025 ~ 0.035	压紧的雪道	0.030 ~ 0.050

(2) 空气阻力 空气阻力是指汽车直线行驶时, 空气作用在汽车行驶方向上的分力。

汽车行驶时, 由于汽车与空气的相对运动, 汽车要挤开周围的空气, 车身前部受到气流压力, 而车身后部因空气涡流产生真空度, 如图 1-2 所示, 这样汽车前后部形成压力差, 此外还存在着空气与汽车表面之间的摩擦, 再加上空气冷却发动机、室内通风以及汽车外部表面凸起零件引起的气流干扰等, 就形成了空气阻力。

空气阻力主要与汽车的外部形

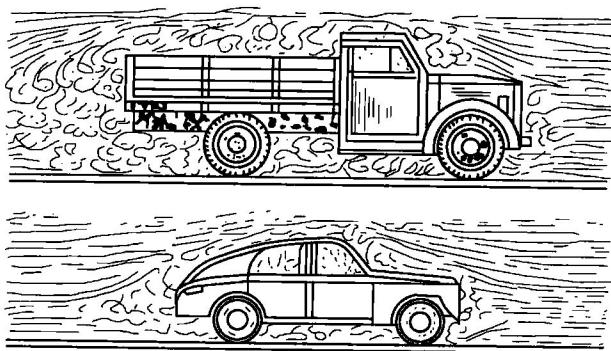


图 1-2 汽车行驶时的空气流动



状、正面投影面积、汽车与空气的相对运动速度有关。空气阻力大小可用下式计算：

$$F_w = \frac{C_D A v^2}{21.15} \quad (1-4)$$

式中 F_w ——空气阻力 (N)；

C_D ——空气阻力系数，取决于汽车的形状和表面的粗糙程度，由风洞试验测得，典型轿车的 C_D 约为 0.30 ~ 0.41，客车的 C_D 约为 0.50 ~ 0.80，货车的 C_D 约为 0.8 ~ 1.0；

A ——迎风面积 (m^2)，即汽车行驶方向的投影面积，估算时，对于货车 $A = BH$ ，对于轿车 $A = 0.78B_1H$ ，其中 B 为轮距， B_1 为车宽， H 为车高，典型轿车的 A 约为 1.7 ~ 2.1 m^2 ，客车的 A 约为 4 ~ 7 m^2 ，货车的 A 约为 3 ~ 7 m^2 ；

v ——汽车与空气的相对速度，在无风时即汽车的行驶速度 (km/h)。

空气阻力与汽车和空气的相对运动速度的平方成正比。汽车高速行驶时，空气阻力显著增加，是汽车行驶阻力的主要部分，发动机大部分功率都消耗在空气阻力上。而当车速小于 30 km/h 时，空气阻力较小，可以忽略不计。

(3) 坡度阻力 汽车上坡行驶时，汽车重力沿坡道方向的分力，称为坡度阻力，如图 1-3 所示。坡度阻力的大小取决于汽车的总质量和道路的坡度角，可由下式计算：

$$F_i = G \sin \alpha \quad (1-5)$$

式中 F_i ——坡度阻力 (N)；

G ——汽车重力 (N)， $G = mg$ ， m 为汽车质量， g 为重力加速度；

α ——道路坡度角 ($^\circ$)。

道路坡度 i 以坡高 h 与坡底长 s 之比的百分数来表示，即

$$i = \frac{h}{s} \times 100\% = \tan \alpha \quad (1-6)$$

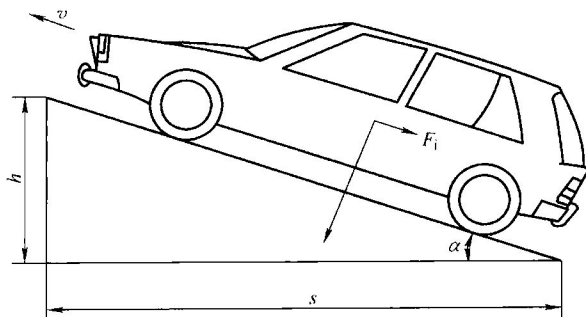


图 1-3 汽车的坡度阻力

我国各级公路允许的最大纵向坡度较小，如 IV 级公路在特殊的山岭重丘区其最大坡度为 9%，可见一般路面的坡度会更小。当 $\alpha < 10^\circ \sim 15^\circ$ 时，可认为： $i = \tan \alpha \approx \sin \alpha$ ，于是有： $F_i \approx Gi$ 。

注意：坡度阻力只在汽车上坡时存在，但汽车上坡所作的功并未白白地耗掉，而是以位能的形式被储存。当汽车下坡时，所储存的位能便加以释放从而变为汽车的动能，促使汽车行驶。



(4) 加速阻力 汽车加速行驶时, 需要克服其质量加速运动时的惯性力, 就是加速阻力。加速阻力的大小主要与汽车的总质量、旋转质量的大小和加速度有关。汽车的质量分为平移质量和旋转质量两部分, 加速时, 不仅平移质量产生惯性力, 旋转质量也要产生惯性力偶矩。为了便于计算, 常以系数 δ 把旋转质量的惯性力偶矩转化为平移质量的惯性力, 因而汽车加速阻力可用下式计算:

$$F_j = \delta m \frac{dv}{dt} \quad (1-7)$$

式中 F_j ——加速阻力 (N);

m ——汽车质量 (kg);

$\frac{dv}{dt}$ ——汽车行驶的加速度 (m/s^2);

δ ——汽车旋转质量换算系数, 其物理意义是: 将旋转质量的惯性力偶矩等效地叠加到平移质量惯性力上时, 平移质量惯性力应扩大的倍数。

汽车加速阻力 F_j 作用在汽车的质心上, 其方向与加速度方向相反。汽车加速时, 其加速阻力虽然消耗了发动机能量, 但汽车的动能有所提高, 而当汽车减速行驶时, 其部分动能便加以释放, 对外作功, F_j 就成了事实上的行驶助力。

3. 汽车行驶条件

(1) 汽车行驶的驱动条件 汽车必须有一定的驱动力, 以克服各种行驶阻力, 才能正常行驶。表示汽车驱动力和各种阻力之间关系的等式称为汽车的行驶方程式, 即

$$F_t = F_f + F_w + F_i + F_j \quad (1-8)$$

或者

$$\frac{T_g i_0 i_g \eta_T}{r} = Gf \cos \alpha + \frac{C_D A v^2}{21.15} + G \sin \alpha + \delta m \frac{dv}{dt} \quad (1-9)$$

式 (1-8) 说明了汽车直线行驶时驱动力与各种行驶阻力之间的平衡关系。当路面的接触强度足够时, 若汽车驱动力与各行驶阻力的平衡关系不同, 则汽车的运动状态不同。

若 $F_t > F_f + F_w + F_i$, 则汽车将加速行驶;

若 $F_t = F_f + F_w + F_i$, 则汽车将匀速行驶;

若 $F_t < F_f + F_w + F_i$, 则汽车将不能起步, 或行驶的汽车将减速直至停车。

所以满足汽车行驶的第一个条件为:

$$F_t \geq F_f + F_w + F_i \quad (1-10)$$

该式被称为汽车行驶的驱动条件。

(2) 汽车行驶的附着条件 汽车行驶的驱动条件不是汽车行驶的充分条件。松软路面或建筑工地上有时会见到汽车驱动轮陷入泥坑, 驱动轮相对地面产生滑转, 汽车不能行驶的现象, 驾驶员采用加大节气门的方法, 力图增大汽车驱动力, 其结果只能使驱动轮加速旋转, 汽车仍不能行驶。这种现象说明, 地面作用在驱动轮上的切向反力, 受地面接触强度的限制, 并不能随意增大。汽车行驶除满足驱动条件外, 还要满足地面接触强度提供的条件即附着条件, 汽车才能正常行驶。

无侧向力作用时, 地面对轮胎切向反作用力的极限值, 称为附着力。在硬路面上, 附着力与驱动轮的法向反作用力成正比, 即



$$F_{\varphi} = F_{z\varphi} \varphi \quad (1-11)$$

式中 F_{φ} ——驱动轮的附着力 (N);

$F_{z\varphi}$ ——驱动轮的法向反作用力 (N);

φ ——附着系数, 由试验确定, 取决于轮胎、路面和使用条件。

汽车驱动力的最大值固然取决于发动机的最大转矩和传动系的传动比, 但实际发出的驱动力还受到附着力的限制。当附着力较大时, 汽车能充分发挥发动机的动力, 能得到较大的驱动力; 当附着力较小时, 汽车的驱动力就较小, 汽车节气门加得再大, 也只会增加驱动轮的滑转速度, 而不会增大地面驱动轮的切向反力, 不会增大驱动力。所以满足汽车行驶的第二个条件为

$$F_t \leq F_{\varphi} \quad (1-12)$$

该式被称为汽车行驶的附着条件。

(3) 汽车正常行驶条件 由汽车行驶的驱动条件和附着条件可以看出, 保证汽车正常行驶的必要与充分条件是: 汽车驱动力应大于或等于汽车滚动阻力、坡度阻力和空气阻力之和, 且小于或等于汽车附着力, 即

$$F_t + F_i + F_w \leq F_t \leq F_{\varphi} \quad (1-13)$$

可见, 汽车正常行驶的条件就是汽车行驶的驱动与附着条件。

1.1.3 汽车动力性分析

1. 汽车的驱动力平衡

汽车驱动力平衡是指汽车行驶时驱动力恒等于行驶阻力。汽车驱动力与行驶阻力的平衡关系, 可通过汽车行驶方程式分析得出。式 (1-8) 或式 (1-9) 是研究汽车动力性的基本依据, 当汽车发动机的外特性、变速器传动比、主减速比、传动效率、车轮半径、空气阻力系数、汽车迎风面积及汽车质量等参数初步确定后, 便可确定汽车在附着性能良好路面上的动力性指标。

为了清晰而形象地表明汽车行驶时的受力情况及其平衡关系, 一般利用汽车驱动力—行驶阻力平衡图来分析汽车的动力性, 图解确定汽车的动力性指标。汽车驱动力—行驶阻力平衡图是指将汽车各档位的 F_t-v 图与汽车行驶时经常遇到的 $(F_i + F_w)-v$ 图以同样的比例尺画在同一坐标 (力—车速) 上的曲线图。图 1-4 为某 5 档变速器轿车的驱动力—行驶阻力平衡图, 从图中可以清楚地看出不同车速、不同档位时的驱动力和行驶阻力之间的关系, 并可容易地确定汽车动力性评价指标。

(1) 确定汽车最高车速 最高车速可直接图解得到。最高车速时, 其坡度阻力和加速阻力均应为零, 由汽车行驶方程式分析可知, 此时 $F_t = F_i + F_w$, 汽车受力处于相对平衡状态。显然, 图 1-4 上 F_{i5} 曲线与 $F_i + F_w$ 曲线的交点对应的车速便是最高车速 $v_{\max}$, 约为 175 km/h。

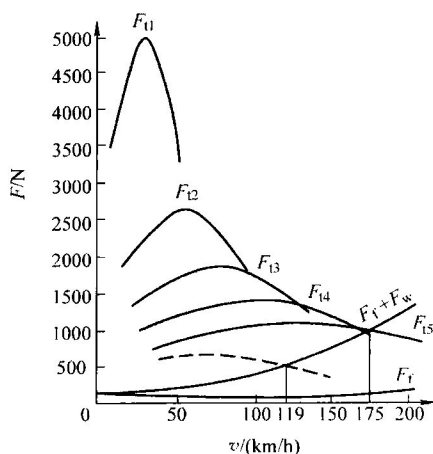


图 1-4 汽车驱动力—行驶阻力平衡图