

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

国家社会科学基金（教育学科）“十一五”规划课题研究成果
全国高等职业院校汽车类专业规划教材

汽车使用性能与检测

张琴友 主编

周志国 刘美灵 副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本教材以汽车使用性能为主要内容,系统介绍汽车动力性、经济性、制动性等各个性能的定义、评价指标、影响因素、检测标准及检测结果分析,最后对汽车性能做出技术等级评定。

本教材的基本知识部分以汽车使用性能为主线,任务部分以检测报告单的各项指标为主线,使学生能看懂报告单,会用报告单,通过检测报告单了解汽车各项性能评价指标、影响性能的因素、检测方法、国家标准等。密切联系岗位能力培养,紧跟汽车检测技术的发展步伐,把汽车使用性能与检测的基本理论和基本方法,以及有关政策、法规、标准及其检测设备、检测方法、检测结果处理等内容有机地结合起来,形成新的项目课程教学体系。这样,既解决了过去课程多,相关内容重复,浪费大量学时的问题,又有利于实现知识的系统性、科学性与完整性,达到理论与实际的有机结合,以提高学生综合应用知识、解决实际问题的能力。

本书适合作为高职高专院校汽车专业群(汽车运用技术、汽车检测与维修、汽车服务技术与营销、汽车电子技术等专业)的教材,也可供汽车运输企业、汽车维修企业、汽车销售企业、汽车检测站的技术人员和管理人员的培训教材或工作参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车使用性能与检测 / 张琴友主编. —北京: 中国铁道出版社, 2012. 3

全国高等职业院校汽车类专业规划教材 国家社会科学基金(教育学科)“十一五”规划课题研究成果
ISBN 978-7-113-13933-9

I. ①汽… II. ①张… III. ①汽车—性能检测—高等职业教育—教材 IV. ①U472. 9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 256320 号

书 名: 汽车使用性能与检测
作 者: 张琴友 主编

策 划: 何红艳 读者热线: 400-668-0820
责任编辑: 何红艳
编辑助理: 胡京平
封面设计: 付 巍
封面制作: 白 雪
责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.edusources.net>

印 刷: 三河市华业印装厂

版 次: 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15.25 字数: 365 千

印 数: 1~3 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-13933-9

定 价: 28.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 63549504

前言

FOREWORD

汽车是现代社会重要的交通工具，实现门到门的便捷服务。

汽车使用性能是指汽车在一定的使用条件下，以最高效率工作的能力。它是决定汽车利用效率和方便性的结构特征表征。汽车检测是评价车辆性能、判断故障原因、考核维修质量的重要手段，是车辆运输业车辆技术管理的主要内容。它是检查、鉴定车辆技术状况和维修质量的重要手段，是促进维修技术发展，实现视情修理的重要保证。汽车性能检测主要包括：汽车的动力性、经济性、安全性、制动性等，汽车实行定期和不定期安全运行和环境保护方面的检测，目的是在汽车不解体情况下建立安全和公害监控体系，确保汽车具有符合要求的外观和车貌、良好的安全性能和环境相容性，在安全、高效和低污染状态下运行。

本课程共十二项任务，基本知识部分以汽车使用性能为主线，操作部分以检测报告单的各项指标为任务。汽车检测报告单就像人的体检报告单，要求学生读懂检测报告单，会用检测报告单确定汽车性能，判断故障原因。因此，就必须理解报告单检测项目与性能指标的关系，项目的国家标准、检测方法、检测设备。教材的内容密切联系岗位能力培养，紧跟汽车检测技术的发展步伐，把汽车使用性能与检测的基本理论和基本方法以及有关政策、法规、标准及其检测结果处理等内容有机地结合起来，形成新的项目课程教学体系。这样，既解决了过去课程多，相关内容重复，浪费大量学时的问题，又有利于实现知识的系统性、科学性与完整性，达到理论与实际的有机结合，以提高学生综合应用知识、解决实际问题的能力。

本课程推荐安排 80 课时，课时安排如下表，实训操作可几个组交替进行。

课时安排（80 课时）

序 号	内 容	课 时
任务一	汽车的动力性检测	14
任务二	汽车的燃料经济性检测	4
任务三	汽车的制动性检测	14
任务四	汽车的操纵稳定性检测	14
任务五	汽车的行驶安全性认识	2
任务六	汽车的舒适性检测	6
任务七	汽车排气污染物及噪声检测	8
任务八	汽车的通过性认识	2
任务九	汽车前照灯检测	4
任务十	汽车车速表检测	2
任务十一	汽车使用可靠性检测	6
任务十二	汽车的合理使用	4

本书由浙江交通职业技术学院组织编写，张琴友担任主编，周志国、刘美灵担任副主编。其中任务一、二、三、四、七、十一由张琴友编写，任务五、六由周志国编写，任务八、九、十由刘美灵编写，任务十二由朱福根编写。

本书在编写过程中得到了浙江省交通教育研究会、杭州市综合性能检测公司、浙江申浙汽车股份有限公司等专家同仁们的大力支持和帮助，同时也得到了浙江交通职业技术学院汽车分院领导和同事的大力协助，在此表示感谢。

由于编者的水平有限，书中难免存在不足和疏漏之处，诚望读者和有关专家给予指正。

编 者

2011 年 11 月

目录

CONTENTS

任务一 汽车的动力性检测 1

相关知识

- 一、汽车的动力性评价指标 1
- 二、汽车的驱动力 2
- 三、汽车的行驶阻力 4
- 四、汽车驱动力平衡方程 9
- 五、汽车行驶的驱动与附着条件 10
- 六、汽车的驱动力-行驶阻力平衡图与动力特性图 13
- 七、汽车的功率平衡 16
- 八、装有液力变矩器汽车的动力性 17
- 九、影响汽车动力性的主要因素 20
- 十、汽车动力性的检测标准 22

习题 33

任务二 汽车的燃料经济性检测 34

相关知识

- 一、燃料经济性的评价指标 34
- 二、不同工况的油耗 35
- 三、燃料消耗量限值 39
- 四、理论油耗 43
- 五、影响汽车燃料经济性的主要因素 43
- 六、提高燃料经济性的方法与措施 46
- 七、汽车燃料消耗检测数据处理 47
- 八、碳平衡法计算燃油消耗量 47
- 九、滑行距离的检验要求 48

习题 54

任务三 汽车的制动性检测 55

相关知识

- 一、汽车制动性能的评价 55

- 二、制动时车轮的受力分析 56
- 三、汽车制动时车轮的运动方式分析 57
- 四、汽车制动效能分析 59
- 五、汽车制动效能恒定性分析 61
- 六、汽车制动时方向稳定性分析 62
- 七、前后制动器制动力的比例关系 63
- 八、影响制动性的主要因素 66
- 九、较常见的几种电控制动系统 68
- 十、制动检测标准 69

习题 78

任务四 汽车的操纵稳定性检测 79

相关知识

- 一、轮胎的侧偏特性 80
- 二、汽车的转向特性 85
- 三、汽车的纵翻和侧翻 92
- 四、汽车转向轮的摆振与稳定 95

习题 115

任务五 汽车的行驶安全性认识 117

相关知识

- 一、汽车安全技术概述 117
- 二、汽车主动安全性 118
- 三、汽车被动安全性 119

习题 132

任务六 汽车的舒适性检测 133

相关知识

- 一、汽车平顺性 134
- 二、汽车空气调节性能 137
- 三、汽车乘坐环境与驾驶操作性能 140
- 四、悬架装置工作性能的诊断标准 146

习题 150

任务七 汽车排气污染物及噪声检测.... 151

相关知识

- 一、汽车排放污染物的主要成分及其危害 151
- 二、汽油机排放污染物的检测工况与限值 (GB 18285—2005) 154
- 三、柴油机排放污染物的检测工况与限值 160
- 四、汽车噪声 162

习题 178

任务八 汽车的通过性认识 179

相关知识

- 一、汽车通过性的参数 179
- 二、影响汽车通过性的主要因素 182

习题 185

任务九 汽车前照灯检测 186

相关知识

- 一、发光强度 186
- 二、前照灯的配光特性 187
- 三、前照灯检测标准 188
- 四、对汽车的照明、信号、仪表、线路等用电设备要求 188

习题 196

任务十 汽车车速表检测 197

相关知识

- 一、车速表的工作原理 197
- 二、车速表误差的测量 198
- 三、车速表检测标准 198

习题 203

任务十一 汽车使用可靠性检测..... 204

任务实施

- 一、整车装备的检验 208
- 二、发动机启动性的检验 208
- 三、发动机异响的检验 208
- 四、传动系、悬挂与车架的检验 208
- 五、转向与制动装置的检验 209
- 六、车身与内饰的检验 211
- 七、门窗的检验 211
- 八、汽车防雨密封性检验 211
- 九、仪表与信号装置的检验 212
- 十、轮胎的检验 212

习题 215

任务十二 汽车的合理使用 216

相关知识

- 一、汽车在一般条件下的使用 216
- 二、汽车在走合期的使用 217
- 三、汽车在高温条件下的使用 219
- 四、汽车在低温条件下的使用 221
- 五、汽车在高原和山区条件下的使用 225
- 六、汽车在坏路和无路条件下的使用 227
- 七、汽车技术等级的划分与评定 230

习题 233

××省机动车综合性能检测报告单 .. 234

参考文献 236

任务一

汽车的动力性检测

学习目标

- ☑掌握汽车动力性的评价指标;
- ☑掌握汽车驱动力平衡方程及功率平衡方程;
- ☑了解影响汽车动力性的主要因素;
- ☑掌握利用底盘测功机检测汽车动力性的方法。



任务描述

随着汽车行驶里程的不断增多,发动机及底盘等的技术状况都有所下降,导致动力性变差,油耗增加,势必降低汽车的运行效率,因此需要及时对汽车的动力性进行有效的检测,为汽车的使用与维护提供依据,保证汽车始终在良好的动力性能下运行,确保运输效率和行车安全。

本任务是利用底盘测功机来测量汽车驱动轮的输出功率(综合性能检测报告单第3项),并与国家标准进行比较,判断是否合格,分析不合格的原因。



相关知识

汽车动力性是指汽车在良好平直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。汽车的动力性越好,平均行驶速度越高,其运输效率也就越高。因此,运输效率之高低很大程度上取决于汽车的动力性。所以,动力性是汽车各种性能中最基本、最重要的性能。

一、汽车的动力性评价指标

从尽可能获得高的平均行驶速度出发,汽车的动力性主要由最高车速、加速时间和最大爬坡度三方面的指标来评定。

1. 汽车的最高车速

汽车的最高车速是指汽车在平直良好的路面(混凝土或沥青路)上,能够达到的最高稳定行驶速度。

2. 汽车的加速时间

(1) 原地起步加速时间

原地起步加速时间又称起步换挡加速时间,是指用规定的低挡起步,以最大的加速度逐步换到最高挡后,加速到某一规定的车速所需的时间。其规定车速各国或地区不同,对轿车常用0~

80 km/h 或 0~100 km/h。也可用加速行驶规定距离所需的时间来衡量,其规定距离一般为 400 m、800 m 或 1000 m,起步加速时间越短,动力性越好。

(2) 超车加速时间

超车加速时间又称直接挡加速时间,指用最高挡或次高挡,由某一预定车速开始,全力加速到某一高速所需的时间。超车加速时间越短,其高挡加速性能越好。

3. 汽车的最大爬坡度

汽车的上坡能力对于在山区行驶车辆的平均行驶速度有很大的影响,通常用最大爬坡度 $i_{\max}$ 来表示。最大爬坡度 $i_{\max}$ 是指汽车满载时用变速器最低挡位在风速 ≤ 3 m/s 的条件下,在干燥、清洁良好路面(混凝土或沥青)上等速行驶所能克服的最大道路纵向坡度。在坡度不长的道路上,利用汽车加速惯性能通过的坡度称为极限坡度。

有时也以汽车在一定坡道上必须达到的车速来表明汽车的爬坡能力。轿车最高车速大,加速时间短,经常在较好的路面上行驶,一般不强调爬坡能力。但是,为了保证其良好的加速能力,发动机的功率要求较大,故其爬坡能力自然较强;货车在各种不同道路上行驶,除了具有较高的最高车速和加速能力以外,还应具有足够的爬坡能力,一般其 $i_{\max}$ 在 30% 即 16.7° 左右;越野车在坏路或无路条件下行驶,爬坡能力非常重要,其 $i_{\max}$ 可达 60% 即 31° 左右。

二、汽车的驱动力

发动机输出的转矩经传动系传至驱动轮,驱动轮转动,产生一个与汽车行驶方向一致的作用力,这就是汽车的驱动力 F_t ,如图 1-1 所示。其大小为

$$F_t = \frac{T_t}{r} = \frac{T_{tq} i_g i_o \eta_T}{r}$$

式中 T_t ——驱动轮上的转矩;

T_{tq} ——发动机输出转矩;

i_g ——变速器的传动比;

η_T ——传动系效率;

i_o ——主减速器的传动比;

r ——车轮半径。

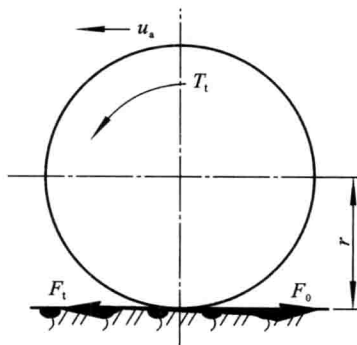


图 1-1 汽车驱动力图

1. 发动机转矩

发动机的转矩可根据其使用外特性确定。使用外特性曲线是带上全部附件时的发动机在试验台架做成的。

严格地讲,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。在实际使用中,发动机的工况经常是不稳定的。发动机的热状况、可燃混合气的浓度与台架试验有显著差异。所以在不稳定工况下,发动机所提供的功率要比稳定工况时低 5%~8%,电喷发动机要下降得少一些。但由于发动机变工况时功率不易测量,所以在进行动力性估算时,一般沿用台架试验稳定工况时所测得的使用外特性中的功率和转矩曲线。

2. 传动系的机械效率

发动机的有效功率为 P_e ,经传动系在传动过程中损失的功率为 P_T ,则驱动轮得到的功率仅为 $P_e - P_T$,那么传动系机械效率可表示为

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

传动系内损失的功率 P_T 是在离合器、变速器、传动轴、主减速器、驱动轮轴承等处机械损失和液力损失功率的总和，其中变速器和主减速器损失的功率所占比例最大。

机械损失是指齿轮传动副、轴承、油封等处的摩擦损失，其大小主要决定于啮合的齿轮对数、传递转矩的大小及装配加工的精度等。

液力损失是指消耗于润滑油的搅动、润滑油与旋转零件表面的摩擦等功率损失。其大小主要决定于转速、润滑油黏度、工作温度和油面的高度等。

虽然 η_T 受到多种因素影响，但在动力性计算时，一般把它取为常数。一般轿车取 0.9 ~ 0.92，单级主动传动货车取 0.85，驱动形式为 4×4 的汽车取 0.85，驱动形式为 6×6 的汽车取 0.8。

3. 车轮半径

充气轮胎的车轮，在不同状况下有不同的半径。

自由半径 r_0 ：处于无载状态下的车轮半径。

静力半径 r_s ：在车重作用下，轮心到地面的距离。

滚动半径 r_r ：在满载行驶状态，根据车轮滚过的圈数 n_w 和汽车驶过的距离 s (m)，由下式计算出来的半径。

$$r_r = \frac{s}{2\pi n_w}$$

显然，对汽车进行运动学分析时，应用滚动半径；而进行动力学分析时应用静力半径；进行粗略分析时，通常不计其差别，统称车轮半径 r ，即认为 $r_r \approx r_s \approx r_0$ 。

4. 汽车的驱动力图

表示汽车驱动力与车速之间函数关系的曲线，即 $F_t - u_a$ 曲线，称为汽车的驱动力图。它直观地显示了驱动力随车速变化的规律。对应于不同的挡位，有不同的驱动力曲线。

在发动机使用外特性曲线中，传动系传动比、传动系效率、车轮半径等参数已知或确定后，就可做出汽车的驱动力图，如图 1-2 所示。

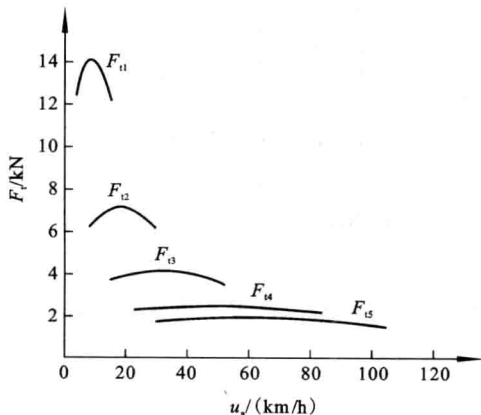


图 1-2 某汽车的驱动力图

作图步骤如下：

① 直角坐标，横坐标为车速 u_a ，纵坐标为驱动力 F_t 。

② 在使用外特性曲线上每隔 200 ~ 400 r/min 取一点 (T_{tq} 、 n)，并计算在某一挡位下，发动机处于某一状态时的汽车驱动力和车速。

③ 在 F_t-u_a 坐标上作出相应的点,将所得的点连成圆滑的曲线,就得到了该挡位下的驱动力曲线。对应不同的挡位,有不同的驱动力曲线。

由于所作的驱动力图是根据发动机使用外特性曲线制成,它表示该挡位在该速度下的最大的驱动力,当节气门开度减小时,相对应的驱动力也减小,故曲线下方的区域都可成为汽车的实际工作区。

三、汽车的行驶阻力

汽车在水平道路上等速行驶时必须克服来自地面的滚动阻力 F_f 和来自空气的空气阻力 F_w ;当汽车在坡道上上坡行驶时,还必须克服重力沿坡道的分力,称为上坡阻力 F_i ;汽车加速行驶时还需要克服其惯性力称为加速阻力 F_j 。因此汽车行驶的总阻力为

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

上述诸阻力中滚动阻力和空气阻力是在任何行驶条件下均存在的。上坡阻力和加速阻力仅在一定行驶条件下存在。在水平道路上等速行驶时就没有加速阻力和上坡阻力。

1. 滚动阻力

(1) 滚动阻力的产生

滚动阻力是当车轮在路面上滚动时,两者之间相互作用力以及相应的轮胎和支撑面变形所产生的能量损失的总称。它包括:

- ① 道路塑性变形损失;
- ② 轮胎弹性迟滞损失;
- ③ 其他损失,如轴承、油封损失、悬架零件间摩擦和减振器内损失等。

汽车在松软路面上行驶时,滚动阻力主要是由路面变形引起的;汽车在硬路面上行驶时,滚动阻力主要是由轮胎变形引起的,如图 1-3、图 1-4 所示。

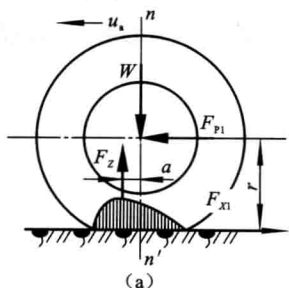


图 1-3 从动轮在硬路面上滚动

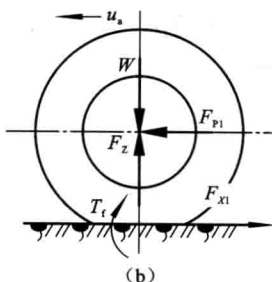


图 1-4 驱动轮在硬路面上滚动

(2) 滚动阻力的计算

汽车滚动阻力构成非常复杂,难以精确计算,而且驱动轮与从动轮也不完全相同。在一般计算中,汽车滚动阻力以下式计算:

$$F_f = G \cdot f$$

式中 F_f ——滚动阻力;

G ——汽车总重;

f ——滚动阻力系数。

滚动阻力系数表示了单位车重的滚动阻力。汽车在不同路面上的滚动阻力系数值不等。

(3) 影响滚动阻力系数的因素

滚动阻力系数的数值由试验确定。其数值与轮胎（结构、材料、气压）、道路（路面的种类与状况）及使用条件（行驶速度与受力情况）有关。

① 轮胎的结构、帘线及橡胶品种对滚动阻力都有影响。在保证轮胎有足够的强度和寿命的前提下，减少帘布层数，可以使胎体减薄而减小滚动阻力系数。子午线轮胎，因帘线层数少，因此其滚动阻力系数较一般轮胎的滚动阻力系数小，而且随车速的变化小。胎面花纹磨损的轮胎，比新轮胎的滚动阻力系数小。

② 轮胎气压对滚动阻力系数影响很大。气压降低时，在硬路面上轮胎变形大，因此滚动阻力系数增大；气压过高，在软路面上行驶时，路面产生很大塑性变形，将留下轮辙，同样使滚动阻力系数增大。

③ 路面的种类和状况不同，使滚动阻力系数在很大范围内变化。坚硬、平整而干燥的路面，滚动阻力系数最小。路面不平，滚动阻力系数将成倍增长。这是因为路面不平会引起轮胎和悬挂机构的附加变形及减振器内产生的阻力要成倍地消耗能量。松软路面由于塑性变形很大，使滚动阻力系数增加很多。

车速在 50 km/h 以下时，不同路面上的滚动阻力系数值如表 1-1 所示。

表 1-1 滚动阻力系数的数值表

路面类型	滚动阻力系数 f	路面类型	滚动阻力系数 f
良好的沥青或混凝土路面	0.010 ~ 0.018	压紧土路	0.050 ~ 0.150
一般的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	0.035 ~ 0.050	结冰路面	0.015 ~ 0.030
压紧土路（干燥的）	0.025 ~ 0.035	压紧的雪道	0.030 ~ 0.050

④ 行车速度对滚动阻力系数影响很大。如图 1-5 所示，车速在 100 km/h 以下时，滚动阻力系数变化不大。在 100 km/h 以上时增长较快。车速达某一高速时，如 150 ~ 200 km/h，滚动阻力系数迅速增长，因为这时轮胎将发生驻波现象，即轮胎周缘不再是圆形而呈明显的波浪状，出现驻波后，滚动阻力系数显著增加。而且轮胎的温度也很快增加，胎面与轮胎帘布层会产生脱落，出现爆破现象，这对高速行驶车辆很危险。

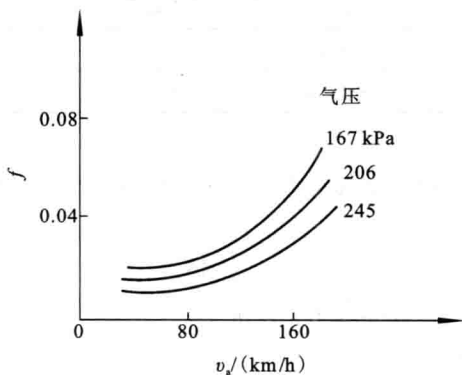


图 1-5 滚动阻力系数与行车速度的关系

在进行汽车动力性分析时,一般取良好硬路面滚动阻力系数值。对于轿车,当 $u_a < 50$ km/h 时, $f=0.0165$, 当 $u_a > 50$ km/h 时, f 值可按下式估算:

$$f=0.0165[1+0.01(u_a-50)]$$

货车轮胎气压高,行驶速度低,其估算公式为

$$f=0.0076+0.000056u_a$$

在使用中如果轮胎气压不足,前后轴的平行性差,前轮定位失准等都会使滚动阻力系数增加。当有侧向力作用时,地面对轮胎产生侧向反作用力,引起轮胎的侧向变形,滚动阻力系数将大幅度增加,例如在转弯行驶时。

应用表 1-1 时,对于轿车,轮胎气压较低,轮胎变形较大,其滚动阻力系数值应偏向上限。对于载货汽车,轮胎气压较高,其滚动阻力系数值应偏向下限。

2. 空气阻力

汽车在空气介质中行驶时,受到的空气作用力在行驶方向上的分力称为空气阻力。

(1) 空气阻力的组成

空气阻力包括摩擦阻力和压力阻力两大部分。

摩擦阻力是由于空气的黏性在车身表面产生的切向力的合力在行驶方向上的分力。摩擦阻力与车身表面粗糙度及表面积有关。

压力阻力是作用在汽车外形表面上的法向压力的合力在行驶方向上的分力。它包括下列四部分:

① 形状阻力。汽车行驶时,空气流经车身,在汽车前方空气相对被压缩,压力升高,车身尾部和圆角处空气压力较低,形成涡流,引起负压。由于汽车前后部压力差所引起的阻力称为形状阻力。形状阻力大小与车身主体形状有很大关系,例如车头、车尾的形状及挡风玻璃的倾角等。

② 干扰阻力。凸出于车身表面的部分所引起的空气阻力,如门把手、后视镜、翼子板、悬架导向杆、驱动轴等。

③ 诱导阻力。汽车上下部压力差(即升力)在水平方向的分力。

④ 内循环阻力。发动机冷却系、车身内通风等需空气流经车体内部时形成的阻力。

以上五种阻力的合力在汽车行驶方向上的分力即为空气阻力。以轿车为例,这几部分阻力所占比例如表 1-2 所示。

表 1-2 空气阻力组成

组成	摩擦阻力	形状阻力	干扰阻力	诱导阻力	内循环阻力
比例	8% ~ 10%	55% ~ 60%	12% ~ 18%	5% ~ 8%	10% ~ 15%

(2) 空气阻力的计算

在汽车行驶速度范围内,根据空气动力学原理,空气阻力的数值通常由下式确定:

$$F_w = \frac{C_D A v_a^2}{21.15}$$

式中 C_D ——空气阻力系数,主要取决于车身形状;

A ——汽车迎风面积, m^2 ;

v_a ——汽车与空气的相对速度, km/h。

上式表明,空气阻力是与空气阻力系数 C_D 及迎风面积 A 成正比的。为了保证必须的乘坐空间, A 值不能过多的减少,所以从结构上降低空气阻力主要应以降低空气阻力系数 C_D 入手。

(3) 空气阻力系数 C_D

C_D 值的大小和汽车外形关系极大,这要求汽车外形的流线型好。 C_D 值可通过风洞试验测定。现代空气动力学的原理,轿车车身常采用下列方法降低 C_D 值,如图 1-6 所示。

① 整车如下:

a. 在汽车侧视图上,它应前低后高,使车身呈 $1^\circ \sim 2^\circ$ 的负迎角。这可减少流入车底的空气量,使 C_D 值下降,并可减少升力。

b. 在俯视图上,车身两侧应为腰鼓形,前端呈半圆状,后端有些收缩。

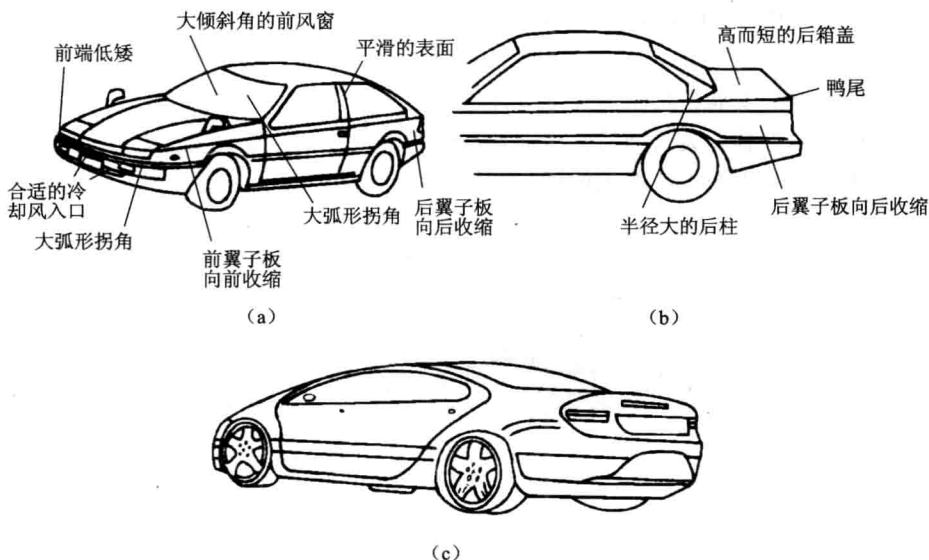


图 1-6 轿车车身常采用降低 C_D 值方法

② 车身前部如下:

a. 发动机罩向前下方倾斜,面与面的交接处为大圆弧的圆柱面。

b. 挡风玻璃为圆弧状,尽可能躺平且与中部拱起的车顶盖圆滑过渡。前窗与水平线夹角为 30° 左右时, C_D 值最低。

c. 前后玻璃支柱应圆滑,窗框高出玻璃面的程度应尽可能小。

d. 用埋入式大灯、小灯、刮水器和门把,灯的玻璃罩与车头车尾组成圆滑的整体。

e. 后视镜等凸出物的形状应接近流线型。

f. 保险杠与车头连成连续圆滑的整体。

g. 在保险杠之下的车头处,安装适当长度的向前或前下方伸出的阻流板,虽然它本身产生一定的阻力,但它能抑制车头处较大涡流的产生。

③ 汽车后部如下:

a. 在汽车侧视图上,后窗玻璃与水平线呈 25° 夹角以下的称为快背式车身;呈 $25^\circ \sim 50^\circ$ 夹角的称为舱背式车身。最好采用快背式或舱背式。

b. 在其后端装有凸起的扰流板。它具有阻滞作用,使流过车身上表面气流的速度降低,从而降低了垂直于后窗表面的负压力的绝对值,使空气阻力减小。

c. 在外观上有行李箱的称为折背式车身，它的后窗玻璃与水平线尽可能呈 30° 角，并采用短而高的行李箱。

④ 车身底部如下：

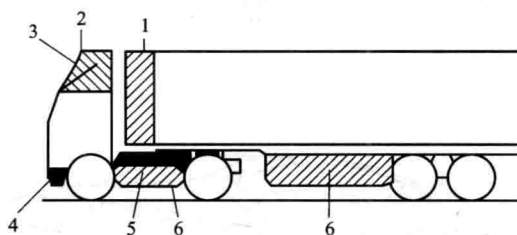
a. 所有零部件在车身下应尽量齐平，最好有平滑的底板盖住底部。

b. 盖板从车身中部或从车轮以后上翘约为 6° 角，这可顺利地引导车身下的气流流向尾部，减少在车尾后形成的涡流，使 C_D 值下降。

⑤ 发动机冷却进风系统：恰当地选择进出风口位置、尺寸和形状，很好地设计通风道，在保证冷却效果的前提下，尽量减少气流内循环阻力。

随着汽车速度的不断提高，汽车的 C_D 值在不断地降低，如奥迪 100-III 型轿车在 II 型基础上采用优化措施，使 C_D 值由原来的 0.42 降至 0.3。预计在不久的将来，实际应用的轿车 C_D 值可达 0.2。

随着高速公路的发展，货车的外形设计也采用了减少 C_D 值的方法。驾驶室顶盖、挡风玻璃及前脸在侧视图上具有大的圆弧，特别是整个驾驶室装用导流板装置，可大幅度减少 C_D 值。试验表明，半挂车采用图 1-7 所示的附加装置，可使 C_D 值减少 30%。



1—间隔衬罩；2—车顶导流板；3—车顶导流罩；4—扰流器；5—底板；6—侧裙

图 1-7 半挂车减少空气阻力的附加装置

3. 上坡阻力

当汽车上坡行驶时，汽车重力在平行于路面方向的分力，称为汽车的上坡阻力，用 F_i 表示，如图 1-8 所示。

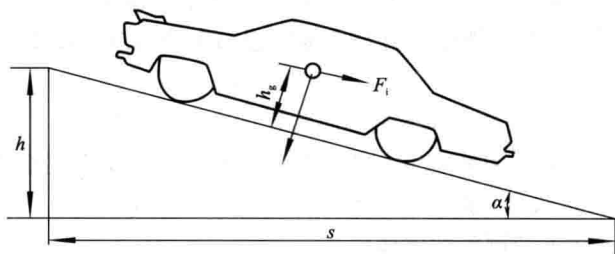


图 1-8 汽车的上坡阻力

F_i 与汽车重力及坡度角 α 的关系为

$$F_i = G \sin \alpha$$

道路坡度常用坡高与底长之比的百分数来表示。

$$i = \frac{h}{s} \times 100\% = \tan \alpha$$

我国各级公路及高速公路允许的纵向坡度一般较小。

当 $\alpha < 10^\circ \sim 15^\circ$ 时, 可认为

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx i$$

由于上坡阻力与滚动阻力均属于与道路有关的阻力, 而且均与车重成正比, 故有时把这两种阻力合在一起称为道路阻力, 用 F_ψ 表示, 即

$$F_\psi = F_f + F_i$$

在坡道上

$$F_f = FG \cdot \cos \alpha$$

所以

$$F_\psi = G(f \cos \alpha + \sin \alpha)$$

令

$$\psi = f \cos \alpha + \sin \alpha$$

ψ 称为道路阻力系数, 表示单位车重的道路阻力。当 α 较小时, $\psi = f + i$

则

$$F_\psi = G\psi$$

值得注意的是, 当汽车下坡时, F_i 为负值, 即行驶阻力变成动力。

4. 加速阻力

汽车加速行驶时, 需要克服其加速运动时的惯性力, 就是加速阻力 F_j 。为便于计算, 通常把汽车的质量分为平移质量和旋转质量两部分。加速时不仅平移的质量产生惯性力, 旋转的质量还要产生惯性力偶矩。为便于计算, 一般把旋转质量的惯性力偶矩转化为平移质量的惯性力, 并以系数 δ 作为计入旋转质量惯性力偶矩后的汽车质量换算系数, 因而汽车加速阻力 F_j 可写成

$$F_j = \delta \frac{G}{g} \frac{du}{dt}$$

式中 δ ——汽车旋转质量换算系数;

G ——汽车重量, N;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

du/dt ——行驶加速度, m/s^2 。

δ 主要与飞轮的转动惯量、车轮的转动惯量以及传动系的传动比有关。

$$\delta = 1 + \frac{1}{m} \frac{\sum I_\omega}{r^2} + \frac{1}{m} \frac{I_f i_g^2 i_0^2 \eta_T}{r^2}$$

式中 I_ω ——车轮的转动惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$;

I_f ——飞轮的转动惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 。

在进行汽车动力性初步计算时, 可按经验公式估算 δ 值:

$$\delta = 1 + \delta_1 + \delta_2 i_g^2$$

这里的 δ_1 是考虑曲轴、飞轮、离合器总成旋转质量影响的系数, 轿车 $\delta_1 = 0.05 \sim 0.07$, 货车 $\delta_1 = 0.04 \sim 0.05$, 载质量大的汽车取小值; δ_2 是考虑全部车轮旋转质量影响的系数, 若空车重为 G_0 , 总重为 G , 对轿车 $\delta_2 = 0.05 G_0 / G$; 货车 $\delta_2 = 0.07 G_0 / G$ 。

四、汽车驱动力平衡方程

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。表示汽车驱动力与行驶阻力之间关系的等式, 称为汽车的驱动力平衡方程, 即汽车的行驶方程式

$$F_t = F_f + F_w + F_i + F_j$$

或者

$$\frac{M_{ek} i_0 \eta_T}{r} = Gf \cos \alpha + \frac{C_D A v_a^2}{21.15} + G \sin \alpha + \frac{\delta G}{g} \frac{du}{dt}$$

上式说明了汽车行驶中驱动力与各行驶阻力的平衡关系，其平衡关系不同，则汽车的运动状态不同。

汽车驱动力平衡方程可由严格的受力分析推导而得，这里不进行推导。

五、汽车行驶的驱动与附着条件

1. 汽车行驶的驱动条件

由汽车驱动力平衡方程可知：

若 $F_t = F_f + F_w + F_i$ 时，汽车将等速行驶。

若 $F_t > F_f + F_w + F_i$ 时，汽车将加速行驶。

若 $F_t < F_f + F_w + F_i$ 时，汽车将无法起步或减速行驶直至停车。

所以汽车的驱动条件为

$$F_t \geq F_f + F_w + F_i$$

当发动机的转速特性、变速器的传动比、主减速比、传动效率、车轮半径、空气阻力系数、汽车迎风面积以及汽车质量等初步确定后，便可使用此式分析在附着性能良好的典型路面（混凝土、沥青路面）上的行驶能力，即确定汽车在节气门全开时可能达到的最高车速、加速能力和爬坡能力。

2. 汽车行驶的附着条件

要提高汽车的动力性，可以采用增加发动机转矩、加大传动系传动比等措施以增大汽车的驱动力来实现。但是这些措施只有在驱动轮与路面不发生滑转现象时才有效。如果驱动轮在路面滑转，则增大驱动力只会使驱动轮加速旋转，地面切向反作用力并不会增加，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作用力受地面接触强度的限制，并不能随意加大，即汽车行驶除受驱动条件制约外，还受轮胎与地面附着条件的限制。

地面对轮胎切向反作用力的极限值（无侧向力作用时）称为附着力，记做 F_ϕ 。在硬路面上附着力取决于轮胎与路面间的相互摩擦，它与驱动轮法向作用力 F_z 成正比，常写成

$$F_\phi = F_z \phi$$

ϕ 称为附着系数，它是由轮胎和路面的结构特性决定的，表示轮胎与路面的接触强度。在硬路面上，附着系数 ϕ 反映了轮胎与路面的摩擦作用。当轮胎与路面接触时，路面的坚硬微小凸起能嵌入变形的轮胎中，增加了轮胎与路面的接触强度，对轮胎滑转有一定的阻碍作用。

在松软路面上，附着系数不仅取决于轮胎与土壤间的摩擦作用，同时还取决于土壤的抗剪切强度。因为只有当嵌入轮胎花纹沟槽的土壤被剪切脱离基层时，轮胎在接地面积内才产生相对滑动，车轮才发生相对滑转。

因此，如果驱动轮产生滑转，汽车将不能正常行驶。为避免驱动车轮产生滑转现象，汽车行驶还需要满足附着条件。汽车行驶的附着条件可近似的写成：