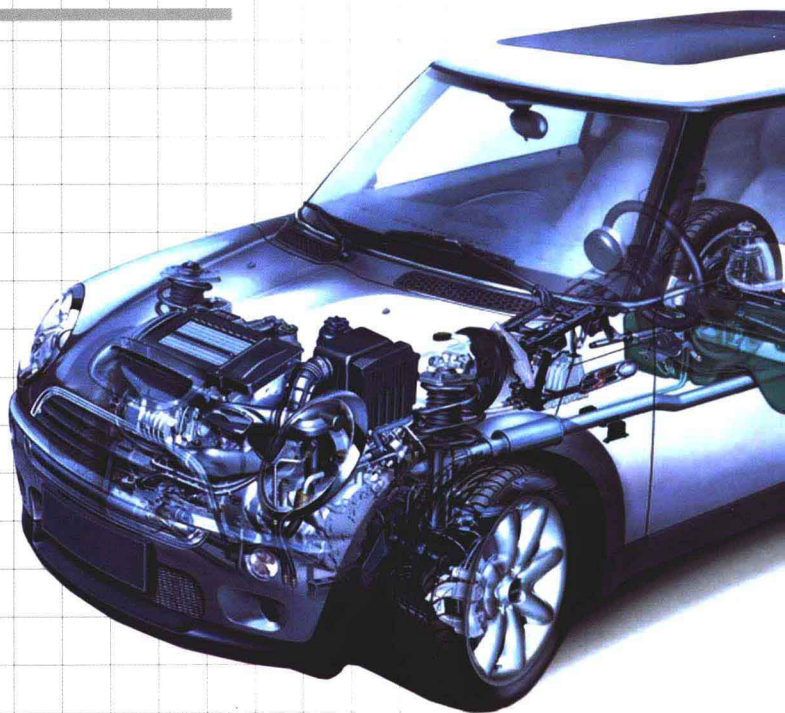


高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材
安徽省高等学校“十一五”省级规划教材



QI CHE LI LUN

主 编◎张代胜 主 审◎陈朝阳

汽车理论



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

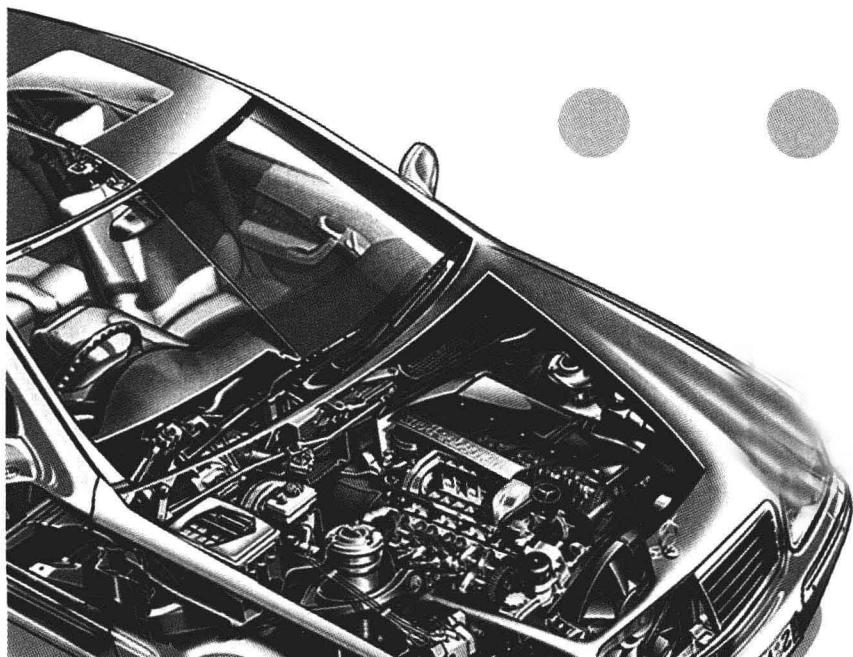
高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材
安徽省高等学校“十一五”省级规划教材

汽车理论

主 编◎张代胜

参 编◎谭继锦 石 琴 姜武华

主 审◎陈朝阳



合肥工业大学出版社

内 容 简 介

本书从路面与轮胎的相互作用角度出发,根据作用于汽车上的外力特性,分析了与汽车动力学有关的汽车各主要使用性能:动力性、燃油经济性、汽车动力装置参数、制动性、舒适性和通过性等。分章节介绍了各使用性能的评价指标与评价方法,建立了有关的动力学方程,分析了汽车及其部件的结构形式与结构参数对各使用性能的影响,阐述了进行性能预测的基本计算方法。本书还结合最新的国家标准,对性能的试验方法、步骤及注意事项等做了简单介绍。最后一章还详细介绍了汽车废气的污染、回收处理等问题。每章还结合实例分析,给出求解过程,章后附有小结和思考题供学生复习使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车理论/张代胜主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2011.10
ISBN 978-7-5650-0594-7

I. ①汽… II. ①张… III. ①汽车工程—高等学校—教材 IV. ①U461

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 197705 号

汽车理论

主编 张代胜

责任编辑 马成勋 汤礼广

出版 合肥工业大学出版社

地址 合肥市屯溪路 193 号

邮编 230009

电话 总编室:0551-2903038

发行部:0551-2903198

网址 www.hfutpress.com.cn

E-mail press@hfutpress.com.cn

版次 2011年10月第1版

印次 2011年12月第1次印刷

开本 787毫米×1092毫米 1/16

印张 16.25

字数 354千字

印刷 合肥现代印务有限公司

发行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0594-7

定价:32.00元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

《高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材》

审读委员会

主 任 陈朝阳

副主任 张代胜

委 员 (排名不分先后)

陈无畏 王其东 冯能莲

孙 军 刘昭度 王启瑞

左承基 范迪彬 羊拯民

钱立军 石 琴 卢剑伟

方锡邦

《高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材》

编委会

主 任 张代胜

编 委 (排名不分先后)

张炳力 卢剑伟 钱叶剑

程晓章 尹安东 孙 骏

张 良 陈黎卿 李志超

祝安定 姜 康 刘 俊

本系列教材在编写过程中,曾得到以下学校和企业给予各种形式的支持及无私的帮助,在此对它们谨致以真诚的谢意!

清华大学

湖南大学

北京工业大学

西南交通大学

同济大学

山东理工大学

辽宁工业大学

福州大学

厦门理工学院

长安大学

湖北汽车工业学院

安徽工业大学

安徽工程大学

奇瑞汽车股份有限公司

北京理工大学

武汉理工大学

吉林大学

华东交通大学

重庆理工大学

兰州交通大学

大连交通大学

河南科技大学

江苏大学

西华大学

合肥工业大学

安徽理工大学

安徽江淮汽车集团有限公司

《高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材》编委会



序

在我国经济发展转型升级与全面提高国际竞争力的关键时期,培养和造就一大批创新能力强,适应我国经济社会发展需要的工程技术型人才是增强我国核心竞争力、建设创新型国家、走新型工业化道路的必要条件。“高等工科教育回归工程”和“强化能力导向原则”等基于按社会需求培养人才和教学需要改革的教育理念,是《中华人民共和国高等教育法》提出的“高等教育教学改革务必根据不同类型、不同层次高等学校自身实际”要求和《高等学校本科教学质量与教学改革工程项目管理暂行办法》所坚持的“分类指导、注重特色”原则的创新成果和实践载体。

高等学校应按照“质量工程”的要求对人才培养目标进行合理定位,对教学过程进行科学创新,发挥自身优势,形成各自特色,从而满足社会对多样化的人才需求。人才培养目标的差异性,要求教学内容、教学方法和教材建设具有针对性。《中华人民共和国高等教育法》明确规定:“高等学校根据教学需要,自主制订教学计划、选编教材、组织实施教学活动。”教育部实施本科教育、教学“质量工程”,鼓励和支持高等学校在教学理念等方面进行创新,以形成有利于多样化人才成长的培养体系,满足国家和社会对紧缺人才的需要。

合肥工业大学车辆工程专业于2007年经教育部审批被列为国家级特色专业建设点。也就在同一时间,合肥工业大学成立了《高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材》编审委员会,以“打造特色精品教材,促进专业教育发展”的理念规划出版“高等学校汽车类特色专业规划教材”,抓紧对“质量工程”中所要求的“重点规划、建设多样基础教程和专业课程教材,促进高等学校教学内容更新、教材建设多样化”工作的落实。



在教材选题开始设计时,编审委员会便贯彻教育部关于人才培养适应行业经济和社会发展的需要精神,要求突出教材建设与办学定位、教学目标的一致性和适应性。最终确立了教材编写的指导思想:加强工程意识的培养、加强理论与实践的结合、加强实践教学和工程训练,培养在汽车行业第一线从事车辆研发、试验、营销及管理等工作并能解决实际问题的高等应用型人才。

本系列教材在编写过程中,既严格遵守学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对本科人才培养目标和与之相适应的教学特点,科学安排知识内容,注重解决现行教材中部分内容陈旧、特色不明显和学生自主学习无趣等问题,充分体现了“工程基础厚、工作作风实、创业能力强”的合肥工业大学人才培养特色及对国家级特色专业教材的内涵和尺度的准确把握。

本系列教材的出版是所有参与该项工作的人们集体智慧的结晶,也是高等学校进行教学改革、落实“质量工程”要求的成果,相信随着教学改革的深入推进,该系列教材会不断得到丰富和完善。

中国高等学校教学指导委员会委员
中国机械工业教育协会高校教学委员会车辆专业组副组长

陈朝阳



前 言

近年来,随着科学技术和社会经济的飞速发展,汽车的产销量也获得了快速增长,汽车产业已成为许多国家的支柱产业。汽车工业的发展水平在很大程度上体现了一个国家的综合实力。中国是汽车消费大国,因此努力提高汽车科技发展水平、培养汽车专业人才、加快汽车产业发展,对促进国民经济的发展具有重要战略意义。

为了适应现代汽车工业的发展需要,满足社会对汽车专业人才的需求,如今国内各高校纷纷开设车辆工程专业,汽车理论作为其专业基础课程,其重要性不言而喻,但其教学内容和教学效果更为重要。基于此,作者结合多年来的科学研究与教学实践经验,在参考国内外大量科研成果的基础上,本着系统性、知识性、实用性的原则,特编写本书。

本书从路面与轮胎的相互作用角度出发,根据作用于汽车上的外力特性,分析了与汽车动力学有关的汽车各主要使用性能:动力性、燃油经济性、制动性、操纵稳定性、行驶平顺性和通过性等。分章节介绍了各使用性能的评价指标与评价方法,建立了有关的动力学方程,分析了汽车及其部件的结构形式与结构参数对各使用性能的影响,阐述了进行性能预测的基本计算方法。本书还结合最新的国家标准,对性能的试验方法、步骤及注意事项等做了简单介绍。最后一章还详细介绍了汽车废气的污染、回收处理等问题。每章还结合实例分析,给出求解过程,回顾本章的重点知识。本书现为安徽省高等学校“十一五”省级规划教材。

本书取材新颖、实用性强,可作为高等院校车辆工程专业及交通运输类专业的本科生及研究生教材,也可供从事汽车运输管理、汽车设计制造等工作的工程技术人员参考,还可作为参加自学考试、研究生入学考试等人员的辅导用书。

本书由合肥工业大学张代胜教授担任主编,由合肥工业大学陈朝



阳副校长担任主审。参编人员及其具体分工如下：谭继锦(第一章)，张代胜(第三章、第五章、第七章)，姜武华(第四章、第六章)，石琴(第二章、第八章)。本书在编写过程中还参考了大量文献资料，在此，对原作者表示真诚的感谢！

邝坤阳、黄俊杰、徐爱琴、杨杨、王浩、徐梦茹、李浩、木标、王军、任启丰、徐浩、赵文杰、于柱春等硕士研究生承担了本书相关文献资料收集及文字录入工作，在此一并对他们表示感谢。

由于作者编写水平有限，因此书中错误和不妥之处在所难免，希望读者批评指正。

编 者



常用符号表

第一章 汽车的动力性

物理量	代号	单位	物理量	代号	单位
汽车质量	m	kg	地面法向反作用力	F_z	N
汽车重力	G	N	空气阻力	F_w	N
汽车速度	u	m/s	坡度阻力	F_i	N
	u_a	km/h	加速阻力	F_j	N
驱动力	F_t	N	滚动阻力	F_f	N
车轮半径	r	m	滚动阻力系数	f	
发动机转矩	T_{iq}	N·m	空气阻力系数	C_D	
发动机功率	P_e	kW	道路阻力系数	ψ	
发动机转速	n	r/min	旋转质量换算系数	δ	
变速器传动比	i_g		附着系数	φ	
主减速器传动比	i_o		动力因数	D	
传动效率	η_T				
坡度	i				
直线行驶加速度	$a, \frac{du}{dt}$	m/s ²			

第二章 汽车的燃油经济性

物理量	代号	单位	物理量	代号	单位
燃油消耗率	b	g/(kW·h)	汽车百公里油耗	Q_s	L/(100km)
比重	γ	N/L			

第三章 汽车动力装置参数选定

物理量	代号	单位	物理量	代号	单位
发动机最大转矩	T_{iqmax}	N·M	发动机最低稳定转速	n_{min}	r/min
汽车最低稳定车速	u_{amin}	km/h	最高挡行驶时,发动机发出最大转速时的车速	u_{at}	km/h
传动系最大传动比	i_{max}		汽车的总质量	m	kg



第四章 汽车的制动性

物理量	代号	单位	物理量	代号	单位
制动器摩擦力矩	T_{μ}	N·m	侧向力系数	φ_l	
地面制动力	F_{Xb}	N	同步附着系数	φ_0	
制动器制动力	F_{μ}	N	峰值附着系数	φ_p	
附着力	F_{φ}	N	滑动附着系数	φ_s	
滑动率	s		制动器制动力分配系数	β	
制动力系数	φ_b		制动减速度	a_b	m/s ²

第五章 汽车的操纵稳定性

物理量	代号	单位	物理量	代号	单位
质心侧向速度	v	m/s	转向盘转角	δ_{sw}	rad 或 (°)
侧向加速度	a_y	m/s ² 或 g	转向半径	R	m
侧倾角	Φ_r	rad 或 (°)	弹簧刚度	k_s	N/m
侧倾角速度	ω_p	rad/s 或 (°)/s	悬挂质量	m_s	kg
横摆角速度	ω_r	rad/s 或 (°)/s	非悬挂质量	m_u	kg
地面切向反作用力	F_X	N	轮距	B	m
侧偏角	α	rad 或 (°)	临界车速	u_r	m/s
外倾角	γ	rad 或 (°)	无阻尼圆频率	ω_0	rad/s
侧偏力	$F_{Y\alpha}$	N	阻尼比	ζ	
外倾侧向力	$F_{Y\gamma}$	N	侧倾转向系数	$\frac{\partial \delta}{\partial \Phi_r}$	(°)/(°)
侧偏刚度	k	N/rad 或 N/(°)	侧倾外倾系数	$\frac{\partial \gamma}{\partial \Phi_r}$	(°)/(°)
外倾刚度	k_{γ}	N/rad 或 N/(°)	侧向力变形转向系数	$\frac{\partial \delta}{\partial F_y}$	(°)/kN
稳态横摆角速度增益	$\left. \frac{\omega_r}{\delta} \right)_s$	rad·s ⁻¹ /rad 或 (°)·S ⁻¹ /(°)	回正力矩变形转向系数	$\frac{\partial \delta}{\partial T}$	(°)/(100N·m)
稳定性因素	K	s ² /m ²	侧向力变形外倾系数	$\frac{\partial \gamma}{\partial F_y}$	(°)/kN
静态储备系数	S. M.		悬架侧倾角刚度	K_{Φ_r}	N·m/rad
特征车速	u_{ch}	m/s	侧倾力矩	T_{Φ_r}	N·m
地面侧向反作用力	F_Y	N	汽车绕 OZ 轴转动惯量	I_z	kg·m ²
翻转力矩	M_X	N·m	峰值反应时间	ϵ	s
回正力矩	M_Z	N·m	反应时间	τ	s
垂直载荷	W	N	轴距	L	m
质心至前轴的距离	a	m	前轮转角	δ	rad 或 (°)
质心至后轴的距离	b	m			



第六章 汽车的舒适性

物理量	代号	单位	物理量	代号	单位
悬架刚度	K	N/m	相干函数	$\text{coh}_{xy}^2(f)$ 或	
路面不平度系数	$G_q(n_0)$	m^2/m^{-1}		$\text{coh}_{xy}^2(\omega)$	
频率	f	Hz 或 s^{-1}	阻尼比	ζ	
悬架动挠度	f_d	m	频率比	λ	
悬架静挠度	f_s	m	车轮部分垂直位移	z_1	m
车轮与路面间的动载	F_d	N	固有圆频率	ω_0	rad/s
长度变量或转动变量	l	m 或 $\text{kg} \cdot \text{m}^2$	有阻尼固有圆频率	ω_d	rad/s
阻力系数	C	$\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}$	激振频率	ω	rad/s
车身质量(悬挂质量)	m_2	kg	车身纵向摆角或初相位	φ	rad
车轮质量(非悬挂质量)	m_1	kg	相位角	Φ	($^\circ$)
坐垫上人体的位移	p	m	标准差	σ	
路面不平度函数	q	m	空间频率	n	m^{-1}
自功率谱密度函数	$C_{xx}(f)$ 或 $C_{xx}(\omega)$		双轴汽车车身振动主频率	Ω	rad/s
			回转半径	ρ	m
互功率谱密度函数	$C_{xy}(f)$ 或 $C_{xy}(\omega)$		悬挂质量分配系数	ϵ	
			刚度比	γ	
频率指数	W		质量比	μ	
车身垂直位移	z_2	m	频率响应函数	$H(j\omega)$ 或 $H(f)$	

第七章 汽车的通过性

物理量	代号	单位	物理量	代号	单位
土壤推力	F_X	N	剪切面法向压力	σ	kPa
驱动轮胎的接地面积	A	m^2	土壤剪切变形	j	mm 或 m
土壤的粘聚系数	c	kPa	水平剪切变形模数	K	cm 或 m
垂直负荷	W	N	土壤沉陷量	z	mm 或 m
土壤的摩擦角	φ	($^\circ$)	单位面积压力	p	kPa
土壤的切应力	τ	kPa	土壤的粘聚变形模数	k_c	kN/m^{n-1}
土壤的摩擦变形模数	k_φ	kN/m^{n-2}	轮胎弹滞损耗阻力	F_{r1}	N
承载面积短边长度	b	mm 或 m	单位负荷弹滞损耗阻力	f_1	
土壤的压实阻力	F_{rc}	N	滑转率	s_r	
推土阻力	F_{tb}	N	车辆的实际速度	u	m/s
土壤单位体积质量重力	γ_s	N/m^3	车辆的理论速度	u_0	m/s
土壤承载能力系数	N_c, N_r		挂钩牵引力	F_d	N
轮胎刚度产生的压力	p_c	kPa	土壤阻力	F_r	N
轮胎充气压力	p_i	kPa	沉陷指数	n	



第八章 汽车公害

物理量	代号	单位	物理量	代号	单位
声压	P	Pa	响度级	L_N	Phon
声强	I	W/m^2	响度	N	Sone
声功率	W	W			



目 录

第一章 汽车的动力性	(1)
引言	(1)
第一节 汽车动力性的评价指标	(2)
第二节 汽车的驱动力与行驶阻力	(3)
第三节 汽车行驶的驱动——附着条件与汽车的附着力	(24)
第四节 汽车的动力性分析	(30)
第五节 影响汽车动力性的主要因素	(39)
第六节 汽车动力性试验	(41)
实例	(46)
小结	(50)
思考与练习	(51)
参考文献	(52)
第二章 汽车的燃油经济性	(53)
引言	(53)
第一节 汽车燃油经济性的评价指标	(53)
第二节 汽车燃油经济性的计算	(55)
第三节 影响汽车燃油经济性的主要因素	(59)
第四节 汽车燃油经济性试验	(64)
实例	(66)
小结	(72)
思考与练习	(73)
参考文献	(73)
第三章 汽车动力装置参数的选定	(74)
引言	(74)
第一节 发动机最大功率的确定	(74)
第二节 传动系最小传动比的确定	(75)
第三节 传动系最大传动比的确定	(77)



第四节	传动系挡数和中间各挡传动比的确定	(78)
第五节	利用燃油经济性—加速时间曲线确定动力装置参数	(79)
实例		(83)
小结		(85)
思考与练习		(85)
参考文献		(86)
第四章	汽车的制动性	(87)
引言		(88)
第一节	制动性的评价指标	(88)
第二节	制动时车轮的受力	(89)
第三节	汽车的制动效能及其恒定性	(93)
第四节	制动时汽车的方向稳定性	(97)
第五节	前、后车轮制动器制动力的比例关系	(101)
第六节	汽车防抱制动装置	(109)
第七节	驻车制动性	(111)
第八节	汽车制动性试验	(112)
实例		(115)
小结		(117)
思考与练习		(117)
参考文献		(118)
第五章	汽车的操纵稳定性	(119)
引言		(119)
第一节	概述	(119)
第二节	轮胎的侧偏特性	(121)
第三节	前轮角阶跃输入的瞬态响应	(124)
第四节	前轮角阶跃输入的稳态响应	(130)
第五节	汽车行驶时的翻倾和整车侧滑	(144)
第六节	操纵稳定性试验	(147)
实例		(152)
小结		(155)
思考与练习		(155)
参考文献		(156)
第六章	汽车的舒适性	(158)
引言		(158)



第一节 汽车平顺性·····	(158)
第二节 汽车空气调节性能·····	(173)
第三节 汽车乘坐环境与驾驶操作性能·····	(178)
实例·····	(190)
小结·····	(191)
思考与练习·····	(192)
参考文献·····	(192)
第七章 汽车的通过性·····	(193)
引言·····	(193)
第一节 汽车的地面通过性评价指标·····	(193)
第二节 汽车的几何通过性参数及牵引力计算·····	(194)
第三节 汽车越过台阶、壕沟的能力·····	(200)
第四节 影响汽车的通过性的因素·····	(202)
第五节 汽车有通过性试验·····	(205)
实例·····	(206)
小结·····	(209)
思考与练习·····	(209)
参考文献·····	(209)
第八章 汽车公害·····	(210)
引言·····	(210)
第一节 概述·····	(210)
第二节 排气公害·····	(211)
第三节 汽车噪声·····	(220)
第四节 电波公害·····	(234)
实例·····	(234)
小结·····	(239)
思考与练习·····	(240)
参考文献·····	(240)



第一章 汽车的动力性

引 言

汽车是一种高效率、高机动性的运输工具。运输的高效率是由它在各种使用条件下的平均速度来体现的，而影响汽车行驶平均速度的最主要的因素是汽车的动力性。要保证汽车具有足够的动力性，在设计完成之后必须对汽车进行动力性校核，以达到实际应用的需要。

随着经济的不断发展，人们生活水平日益提高，拥有私人汽车不再是梦想。人们选购汽车的目的多种多样，有的作为代步工具，有的作为经营工具、生产工具等，于是就产生了应该依据何种参数选取符合要求的动力性汽车的问题。

汽车专业人员在理论分析时，需要全面、具体、可数量化的参数指标来衡量汽车的动力性，因此在分析汽车动力性之前，应以汽车动力性的评价指标，作为理论分析、计算的依据，并说明要达到提高动力性目标的实现途径。

在本章中，通过分析汽车在道路上行驶的各种影响因素并基于力学理论，找出决定汽车动力性的评价指标；根据动力源的外特性以及相关的力学分析、计算，可以得到汽车的驱动力图；通过对汽车行驶过程中的阻力分析，并根据汽车平衡条件可以得到汽车的驱动力—行驶阻力平衡图；进一步对汽车行驶方程式做一定变换、计算，还可得到汽车的动力特性图以及功率平衡图，由此便可对汽车动力性进行具体评价分析。

相同汽车在不同路面上行驶，其动力效果是不同的，也就是说汽车在行驶过程中动力性能不仅与驱动力有关，还与汽车所行驶的路面即轮胎与地面的附着条件有关。因此，为了更加全面地分析汽车的动力性，还要对汽车行驶的附着条件与汽车的附着率加以分析研究。