

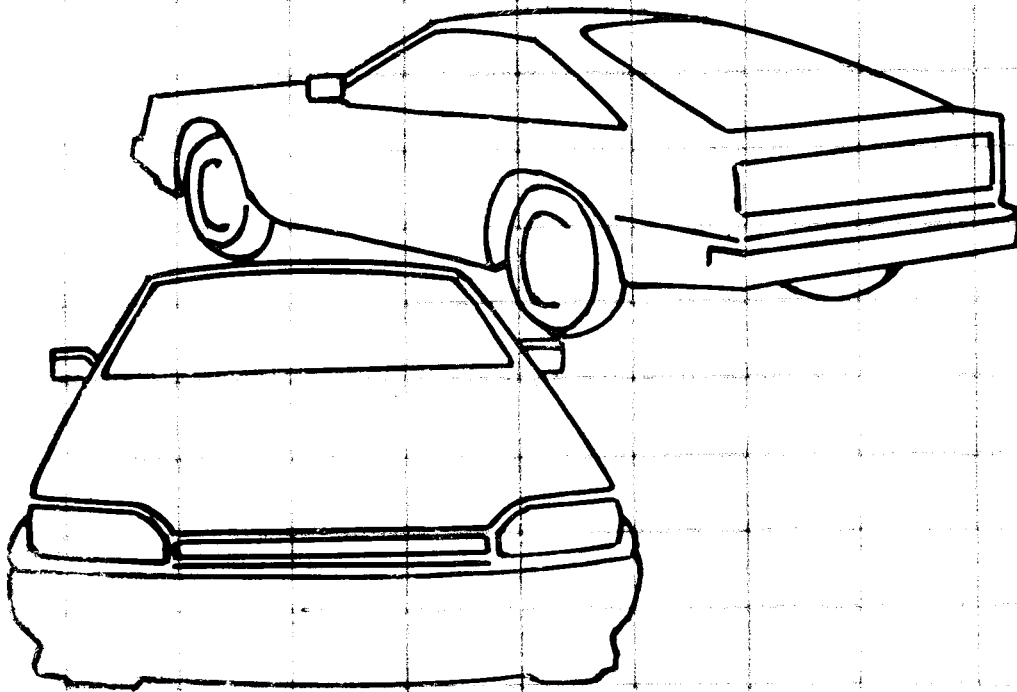
高等学校试用教材



(汽车运用工程专业用)

高延龄 主编

人民交通出版社



高等学校试用教材

QICHE YUNYONG GONGCHENG

汽车运用工程

(汽车运用工程专业用)

高延龄 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共分十一章,内容包括汽车运用条件及使用性能量标、汽车动力性、汽车使用经济性、汽车行驶安全性、汽车的公害、汽车的通过性及平顺性、汽车在特殊条件下的使用、汽车技术状态的变化、汽车诊断、汽车的使用寿命、汽车运用工程的优化方法等。

本书可作为高等学校汽车运用工程专业的教材,也可供汽车运输部门的工程技术人员、管理人员和工人,以及工程机械类运用专业的学生、技术人员和工人参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车运用工程/高延龄主编. —北京:人民交通出版社, 1990.6(1997重印)

ISBN 7-114-00874-0

I. 汽… II. 高… III. 汽车-应用-基本知识

IV. U471.2

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第12798号

高等学校试用教材

汽车运用工程

高延龄 主编

责任编辑 曲建国

责任印制:张 凯

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京京东印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:20 字数:496千

1990年6月 第1版

1998年1月 第1版 第3次印刷

印数:9951—12950册 定价:16.00元

ISBN 7-114-00874-0

U·00546

前 言

本书是根据1985年5月在西安市召开的全国汽车运用工程专业协作组会议的精神和1986年交通部教育局下达的教材编写计划通知组织编写的。它可作为高等学校汽车运用工程专业（本科）“汽车运用工程”课程的教材，也可作为有关专业的教学和工程技术人员的参考。

本书主要讲述汽车运用条件的特性，汽车使用性能及其合理利用，汽车技术状况变化规律及其诊断方法，以及汽车使用寿命的评价方法等。

本书由吉林工业大学和西安公路学院编写。主编为高延龄同志，参加编写者为下列同志：高延龄（绪论），陈荫三（第二章，第四章），曲义民（第三章，第六章），陈凤仁（第八章，第九章），李家本（第一章，第十章，第十一章），郭晓汾（第五章，第七章）。

本书初稿完成后，由西安公路学院周允教授主审，在教材内容，章节安排等方面提出了很多重要意见，编者在此表示感谢。

1985年9月在吉林工业大学召开的编写工作会议上，应邀参加会议的吉林工业大学张焯教授，西安公路学院戴冠军教授，刘宗义副教授，东北林学院王禹臣教授，以及全国交通中专汽车专业委员会张美田同志，在讨论本书体系及起草教材编写大纲方面提出了许多宝贵建议，编者在此一并表示感谢。

由于我们的水平有限，书中难免有错漏之处，诚恳欢迎使用本书的师生和广大读者批评指正。

高延龄

目 录

绪论	(1)
一、汽车运用工程的概述	(1)
二、汽车运用工程的发展	(2)
三、改善运行条件, 实现交通管理的现代化	(3)
第一章 汽车运用条件及使用性能量标	(5)
第一节 汽车运用条件	(5)
一、气候条件	(5)
二、道路条件	(5)
三、运输条件	(9)
第二节 汽车运行工况	(10)
一、运行工况调查	(10)
二、运行工况分析	(14)
第三节 汽车使用性能量标	(20)
一、容量	(21)
二、使用方便性	(21)
三、乘坐舒适性	(23)
第二章 汽车动力性	(25)
第一节 汽车行驶需要的功率和能量	(25)
一、稳定行驶阻力	(25)
二、动态行驶阻力	(33)
三、循环行驶	(36)
第二节 汽车的驱动系统	(40)
一、汽车动力装置的评价与选择	(40)
二、活塞式内燃机特性	(42)
三、离合器和液力偶合器特性	(44)
四、变速器和液力变矩器特性	(46)
第三节 动力性分析	(50)
一、驱动力—行驶阻力平衡图、动力特性图和功率平衡图	(50)
二、加速能力	(52)
三、上坡能力	(53)
四、最高车速和传动系最小速比的确定	(54)
第四节 行驶附着条件	(55)
一、车轮法向反力	(55)
二、附着条件限制的加速能力	(57)

三、附着条件限制的上坡能力.....	(58)
四、轿车驱动系统布置和行驶附着条件.....	(59)
五、载货汽车和大客车的驱动系统布置和行驶附着条件.....	(60)
第五节 汽车动力性试验.....	(60)
一、道路试验.....	(60)
二、室内试验.....	(62)
第三章 汽车使用经济性.....	(65)
第一节 汽车燃料经济性及其合理使用.....	(65)
一、汽车燃料经济性的评价指标.....	(65)
二、汽车燃料经济性试验方法.....	(66)
三、汽车燃料经济性的计算方法.....	(70)
四、汽车节油途径和技术.....	(79)
第二节 润滑材料的合理使用.....	(88)
一、发动机润滑油的合理使用.....	(88)
二、汽车齿轮油的合理使用.....	(93)
三、汽车润滑脂的合理使用.....	(94)
四、润滑油的再生.....	(95)
第三节 轮胎的合理使用.....	(96)
一、轮胎的类型和特点.....	(96)
二、轮胎的合理使用.....	(100)
第四章 汽车行驶安全性.....	(104)
第一节 道路交通事故及汽车安全性的分类.....	(104)
第二节 制动性.....	(105)
一、车轮与地面间的附着和滑移.....	(105)
二、减速制动过程.....	(108)
三、制动减速率.....	(111)
四、制动稳定性.....	(114)
五、制动力分配.....	(114)
六、装载变化对制动性的影响.....	(116)
七、双管路制动系统.....	(117)
八、车轮抱死过程.....	(118)
九、汽车制动性试验.....	(119)
第三节 操纵稳定性.....	(120)
一、轮胎侧偏特性和车辆转向运动学.....	(121)
二、车辆转向时的受力分析.....	(125)
三、汽车圆周行驶时的稳定性(汽车稳定转向特性).....	(129)
四、转向轮绕主销的振动.....	(131)
五、操纵稳定性试验.....	(135)
第四节 汽车被动安全性.....	(137)
一、车辆事故分析和被动安全性的评价方法.....	(137)

二、内部被动安全性	138)
三、外部被动安全性	142)
四、被动安全性试验	143)
第五章 汽车的公害	145)
第一节 概述	145)
一、排气公害	145)
二、噪声公害	147)
三、电波公害	148)
第二节 汽车排气污染物的形成及影响因素	148)
一、发动机污染物的形成	148)
二、使用因素对排气中有害气体浓度的影响	152)
第三节 汽车的噪声	159)
一、发动机噪声	159)
二、传动系噪声	167)
三、轮胎噪声	169)
第四节 汽车排气污染物及噪声试验	170)
一、排气污染物的测定	170)
二、汽车噪声的测定	174)
第六章 汽车的通过性及平顺性	178)
第一节 汽车的通过性	178)
一、通过性的几何参数	178)
二、影响汽车通过性的因素	179)
第二节 汽车行驶的平顺性	188)
一、汽车行驶平顺性的评价指标	188)
二、影响汽车行驶平顺性的结构因素	190)
第七章 汽车在特殊条件下的使用	196)
第一节 汽车走合期的使用	196)
第二节 汽车在低温条件下的使用	197)
一、发动机的低温起动	198)
二、低温对汽车总成磨损的影响	201)
三、改善汽车低温使用性能的主要措施	203)
四、其它问题	209)
第三节 汽车在高原和山区条件下的使用	210)
一、海拔高度对发动机动力性的影响	210)
二、海拔高度对燃料经济性的影响	212)
三、在高原地区改善发动机性能的主要措施	213)
四、汽车制动系在高原及山区条件下的使用特点及其改进措施	215)
第四节 汽车在高温条件下的使用	217)
一、汽车在高温条件下的使用特点	217)
二、提高在高温条件下汽车使用性能的主要措施	219)

第五节	汽车在坏路和无路条件下的使用	(221)
一、	汽车在坏路和无路条件下的使用特点	(221)
二、	汽车在坏路和无路条件下使用时应采取的主要措施	(221)
第八章	汽车技术状况的变化	(228)
第一节	汽车技术状况与汽车运用性能的变化	(228)
一、	汽车的技术状况与工作能力	(228)
二、	汽车运用性能的变化	(229)
第二节	汽车技术状况变化的原因与影响因素	(230)
一、	汽车技术状况变化的基本原因	(230)
二、	运用条件对汽车技术状况的影响	(233)
三、	汽车故障的分类	(236)
第三节	汽车技术状况变化的规律	(238)
一、	汽车技术状况变化规律的分类	(238)
二、	汽车技术状况函数的变化过程(第一种变化规律)	(238)
三、	汽车技术状况的随机变化过程(第二种变化规律)	(239)
第九章	汽车诊断	(243)
第一节	汽车诊断的目的与方法	(243)
一、	汽车诊断概述	(243)
二、	汽车诊断方法(FTA法)	(244)
第二节	汽车诊断参数	(248)
一、	诊断参数概述	(248)
二、	诊断参数的标准	(251)
第三节	汽车常用诊断设备原理	(256)
一、	发动机常用诊断设备	(256)
二、	底盘常用诊断设备	(264)
第四节	汽车诊断站	(270)
一、	诊断站的性质与任务	(270)
二、	诊断站的工艺组织	(271)
第十章	汽车的使用寿命	(275)
第一节	汽车使用寿命概述	(275)
第二节	更新理论	(277)
一、	有形磨损	(277)
二、	无形磨损	(277)
第三节	更新时刻的确定	(278)
一、	低劣化数值法	(279)
二、	应用现值及投资回收系数估算法	(281)
三、	面值法	(282)
四、	判定大修与更新界限算法	(283)
第四节	总成互换修理的汽车寿命	(285)
第十一章	汽车运用工程的优化方法	(288)

第一节 优化方法概述	288)
第二节 优化问题模型	288)
一、实际问题的数学模型抽象	288)
二、目标函数	289)
三、约束条件	289)
第三节 优化问题分类	290)
一、无约束和有约束优化问题	290)
二、确定性和随机性优化问题	290)
三、线性和非线性优化问题	290)
四、静态和动态优化问题	290)
第四节 优化方法及实例	(291)
一、图解分析法	(291)
二、单纯形法	(292)
三、分配法	(300)
四、网络计划法	305)
主要参考文献	(310)

绪 论

一、汽车运用工程的概述

汽车运用工程是用科学的方法和手段,对汽车技术状况进行最有效管理的工程技术科学。在技术可能和使用可靠的条件下,保证汽车运输正常和安全地生产,达到最佳的材料用量和最低的劳动消耗,减少汽车对环境和人类的污染和危害。

汽车运用工程是一种综合技术,是研究如何协调汽车在运输中各方面联系的科学。其中包括汽车运用性能及其合理利用,汽车运行条件特性与汽车性能的适应性,汽车技术状态变化与运行时间或行驶里程的关系,汽车性能与交通安全及环境污染的关系,以及汽车故障与维护 and 修理工作的关系等。

汽车运用性能是设计和制造工艺所确定的,这些性能有装载质量、容量、动力性、燃料经济性、行驶安全性、通过性、平顺性、汽车的公害、汽车的可靠性以及维修方便性等。合理运用这些性能,研究改善这些性能的措施,充分发挥汽车的功能,提高汽车运输效率是汽车运用工程首要的研究任务。

汽车是一个复杂机械系统,它由许多总成和零件组成。在汽车运行中,由于磨损、腐蚀及疲劳等原因,零件和总成的技术状况会不断变坏。汽车零件和总成的老化及损坏,将促使汽车运用性能下降。因此,在汽车运用工程范围内,我们不仅只是注意汽车开始时的各项性能指标,而且还要研究在汽车整个运用过程中它们的动态变化过程,经常测量记录汽车运用性能的变化情况,及时发现性能异常变化,采取相应技术措施,防止汽车性能恶化过快,产生意外故障。

预测汽车技术状况的变化是现代汽车运用工程中的重要任务。汽车诊断技术是一门新兴的学科,其任务是检查汽车零件磨损和老化过程,发现汽车技术状况的变化,及时提供维护和修理信息,保证维修质量,提高汽车的可靠性及安全性。诊断技术也是控制汽车技术状况变化的重要因素,广泛应用汽车诊断技术,可以提高检验的效率和精度,减少工人数量和熟练程度,降低检验成本。从研究方向看,可靠性理论和计算机技术将是汽车诊断技术发展的基础。

随着汽车工业水平的提高,车速不断增加,提高汽车行驶安全性已成为汽车运用工程中迫切需要解决的问题。80年代中期世界各国死于车祸的人每年约达五十万人,美国每年用于车祸的费用高达1.6亿美元。随着汽车保有量的增多,汽车对环境的污染越来越严重,汽车已成为大气的重要污染源,一部轻型汽车行驶1 km排出的CO,若用空气稀释到允许值,约需 8×10^4 米³空气。此外,汽车的噪声也成为大城市和工业中心噪声的重要来源,使这些城市的噪声大大超过人类长时间生活而不受损害影响的程度。汽车运用工程的重要任务之一就是研究提高汽车安全性,降低汽车排放及噪声的措施。

汽车维护和修理质量直接影响汽车技术状况、运用性能、汽车运输生产率及运输成本。提高汽车维护和修理质量的重要途径是实现汽车维护和修理工艺的现代化,其中重要的是研究符合汽车运输体制现状,高速度、高效益、运用现代管理形式和管理方法进行管理的汽车

维护和修理生产结构。

汽车运用工程中一项很重要工作是研究制定汽车检测、维护及修理等等标准，培养应用这些标准的技术骨干，这些标准将对汽车运用工程的技术人员在技术、工艺、管理和组织生产工作中有很大帮助。

二、汽车运用工程的发展

汽车运用工程是在汽车运输业发展中形成的，到目前为止，它已发展为研究充分利用汽车运用性能，合理组织汽车运输，加强维修。减少交通事故、能源消耗和环境污染的完整学科体系。

汽车运输发展的早期，汽车数量较少，性能较差，在交通运输中作用不大，汽车运输业只是一种单纯地组织营运业务，人们把汽车只看作为一种简单地搬运工具使用。由于汽车具有机动、灵活、快速方便以及适应性强等特点，它既能承担铁路、水运、航空及管道等运输方式货物的集散联系，又能直达到工矿企业和广大农村，以适应政治、经济及军事等各方面的需要。因此，汽车运输得到迅速发展，在各种运输方式中所占的比重逐渐扩大，其地位日显重要，到20世纪80年代，汽车运输已成为各国创造物资资源的重要支柱，是国家经济发展中不可忽视的体系。但是在创造财富丰富人类生活的同时，汽车运用过程中也占有国家大量人力，消耗大量高贵材料和资源，因此现代化运用汽车已成为衡量一个国家经济水平和能力的标志之一。

我国自1949年以来，汽车运输事业虽然有了较大发展，汽车运用工程已形成完整体系，但是现有运力和运量与社会主义现代化建设的要求仍极不适应，因此，必须实现汽车运用工程的现代化。具体作法是：

1. 提高现有车辆的利用率，增加运输车辆的品种，改进车辆的使用性能

目前，我国汽车的数量仍不能满足国家对汽车运输的要求，同时已有的汽车尚未能充分利用，特别是工业企业部门和机关自用车辆的利用率很低。如何引入竞争机制，实行统一调度，合理运用现有车辆，提高车辆利用率是我国需要研究的重要课题。

我国现有车辆，不仅数量不能满足国民经济发展的要求，而且品种和质量也相差很远。对现有车辆进行技术改造，提高汽车运输生产率 and 降低运输成本都有重要作用。

我国幅员辽阔，汽车运行条件相差极大，提高车辆运用性能，生产和改造适应不同运行条件的车辆是提高汽车运输效率的有效措施。

2. 实现汽车运输装卸机械化

装卸作业是货物运输中一个重要环节。机械装卸的效率高，能加快运输工具的周转，降低运输成本，减少货物损失，并能大大减轻作业人员的劳动强度。因此，汽车的装卸作业日渐机械化，甚至自动化。

从汽车运用工程的发展来看，汽车运输装卸机械化的发展趋势如下：

1) 发展有利于货物装卸的专业化车身

采用专用车身运输不同类型货物，可以节省包装材料和费用，保证货物质量，减少货物损失，加快装卸货物速度，提高车辆利用率。例如装有液力和气力输送设备的液态货物或散装粉粒货物罐式汽车的装卸可以全部实现机械化甚至自动化。矿石、煤、沙石料的装卸可以用装载机与自卸汽车相配合或用输送机与自卸汽车相配合，基本上可以取消人力装卸作业。

2) 发展随车装卸设备

汽车运输由于站点多而且分散不可能到处都配备固定的装卸设备，为了加快取货和交货的速度，提高车辆利用率，在一些汽车上装备随车装卸设备极为必要，其中应用较多的为汽车后栏板举升机和随车起重机。后栏板举升机是将汽车后栏板改装成为可以在放平后能自动升降，多用在城市内运送日用百货及食品的载货汽车上，并配合手推车和带滚轮的托板小车。随车起重机是将一种小型起重设备装在汽车上随车运行，在装卸点由驾驶员操作货物装卸，也是目前发展的一种减少装卸劳动量和费用的好方法，对解决批量少的货运工作很有意义。

3) 发展集装箱和集装箱装卸机械

集装箱是用一些特制的箱子。用集装箱运输货物除了有利于保证货物完整，节约包装材料和费用，加快货物的送达速度和降低运输成本外，对实现装卸机械化，提高劳动生产率也具有很大意义。目前，集装箱已成为公路、铁路、海运、河运以及空运实行货物直达联运的重要工具。

在公路与海运的联运中，集装箱装运码头采用的装卸机械有集装箱装卸桥式吊车、门式吊车和大型叉车；在港站以外的地方则往往由汽车运输系统或托运企业配备门式吊车、大型叉车或大型起重机汽车。

4) 发展运输用托板和叉车装卸机械

托板运输是将一小批货物堆垛在一块货板上，并把它当作一个单元货物来进行搬运、装卸和存贮。托板由叉车装上汽车或由汽车上卸下。托板按形状不同，可以分为平、柱、架、箱和笼五类；按制造材料分，有金属及塑料托板等。

利用托板运输不仅可以显著地减少货物运送中的破损，加快装卸作业的速度，提高车辆利用率，而且有很大的经济效果，因此发展很快。为了便于流通，尤其是适应国际联运的使用，托板尺寸已有统一的规格标准，其中最通用的是120×100cm和120×80cm两种。

三、改善运行条件，实现交通管理的现代化

随着公路运输的发展，汽车保有量也有大幅度增加，这使原有的公路网和道路条件不能适应现代化运输的要求，造成运输繁忙的公路干线上的交通拥挤、阻塞及交通事故增加的局面，因此，首先改善现有道路和新建公路的质量是必然的。

汽车是效率高、速度快、机动灵活的运输工具，在一般公路的运行条件下，各种车辆混合运行，汽车性能难以发挥，所以平均车速低，通过能力差。因此，除改善原有道路条件，提高通过能力外，还必须发展现代化新型公路——高速公路，以满足现代化运输的大流量、高速度、重型化、舒适、安全的要求。

实现交通管理的现代化是改善运行条件，避免车辆拥挤，交通堵塞，防止交通事故的另一有效措施。目前用电子技术，控制公路交通，即公路交通控制自动化被认为是改善公路交通的重要技术措施之一，被控制的对象是各种车辆和行人组成的交通流，其中主要是控制车流。

自动控制程序是这样的：首先由安装在道路上、下的电子设备——车辆检测器自动搜集各交叉路口的交通量、车速、车辆密度和流向等情况，并把数据传递给电子计算机处理装置，然后产生控制指令，传递给自动控制信号灯和各种标志显示牌，对交通流实行控制。

采用电子技术控制公路交通具有很大的优越性。它可以根据实际的交通情况进行自动控制，克服交通岗分散指挥的被动局面，使整个区域或全市的交通信号控制和标志控制成为一

个整体，并且使各交叉点的控制有机地联系起来，这样不仅有利于减少交通指挥人员，提高交通指挥效率，减少交通事故，还可缩短车辆进行时间，扩大公路的通过能力。

1. 汽车运输管理现代化

在企业经营管理方面用电子计算机代替人力进行计算统计和财务成本核算工作。它被用来处理各种报表和单据，统计车辆行驶里程，货运量和客运量和燃料消耗，编制车辆及设备的维护和修理计划，物资供应计划以及进行技术资料积累等。在技术管理方面，可以利用电子计算机贮存装置保存车辆技术档案，如汽车购置时间、汽车主要技术参数、行驶里程、进行的维护和修理项目和曾发生的故障等，技术管理人员随时可以迅速了解每一辆车的情况。

在组织汽车运输生产中，电子计算机可用来合理统筹安排汽车维护和修理作业，求出最佳的维护和修理工艺路线，缩短停车时间，保证出厂质量。应用电子计算机进行车辆调度能合理分配运输任务，选择车辆调度的最优方案，编制车辆运行计划，监控车辆运行情况。

在汽车运用工程中采用电子计算机，不但可以减少管理人员，提高工作效率，减少差错，而且还可以提高工作效率，改善工作质量。

2. 实现汽车维护和修理工作现代化

随着汽车保有量的迅速增长，汽车维护与修理工作量越来越大，因此，提高汽车维护与修理效率和质量成为迫切要解决的问题。

汽车维护和修理技术发展动向是在维修作业中应用诊断技术，实现检查仪表化；采用机械化维修设备，提高维修质量。在维修组织中逐步实现集中化、专业化，并在此基础上不断改善汽车的维修制度。

第一章 汽车运用条件及使用性能量标

第一节 汽车运用条件

汽车完成运输工作，都是在一定的外界条件下进行的。例如环境的气候、道路的好坏、运输对象的特征等等，由于这些条件的不同，同一型号的汽车会有不同的使用效果。影响汽车使用效果的各类外界条件，通常统称为汽车的运用条件。

汽车运用条件主要分为三类：

- 一、气候条件；
- 二、道路条件；
- 三、运输条件。

一、气候条件

气候条件是汽车的主要运用条件之一。因气候不同，汽车结构必须有与之相适应的措施，才能保证做到合理使用。例如，炎热地区当气温达到 35°C 时，发动机机罩下的温度可达到 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ ；而在没有空调设备的驾驶室内，驾驶员头部的气温可达 33°C 以上。环境温度高，将造成发动机过热、充气系数下降，以及驾驶员极易疲劳困倦。

在寒冷地区，环境温度低，将造成汽车起动困难，发动机冷却系温度偏低，在冰雪道路上车轮容易打滑。在气候干燥、风沙大的地区，各总成中运动副极易因砂尘侵入而加剧磨损。在气候潮湿、雨季较长地区，发动机、驾驶室、车厢的防水、泻水不好，将极易引起零件锈蚀和因潮湿而使电气系统工作不良。

在山区高原地带，当海拔达到 3000m 时，明显地呈现空气稀薄、气压降低、水的沸点也降低。一日之内气温变化剧烈。因而使发动机的混合气过浓，真空点火提前调节器失去作用，冷却水易沸腾，气压制动系统气压不足，以及驾驶员体力消耗多，易出现头晕和四肢无力等现象。

上述的不同气候条件对车辆结构提出不同的要求，因而在不同气候条件下，应采用相应的变型车或者对基本型车进行技术改造以提高车辆与环境气候条件的适应程度。在汽车使用部门，也还要针对当地的气候特点，制定技术措施，努力克服或减少因气候条件给驾驶操作，车辆行驶造成的各种困难，才能做到合理使用，取得最优的使用效果。

二、道路条件

道路的状况是汽车运输指标好坏的直接影响因素，因而在汽车运用条件中，道路条件是主要的运用条件之一。

一般而论，汽车在良好的道路上行驶，车速可以较高，燃料经济性较好；汽车在凹凸不平的道路上行驶，平均技术速度不仅较低，且因必需的换挡和制动次数增加，加速了一些摩擦副零件的磨损。路面不平还使零件承受的冲击载荷增加，加剧了行走部分机件损伤和轮胎

磨损。

道路条件对汽车的行驶速度、行驶平顺性及装载质量充分利用程度的影响主要来自两方面：

1. 道路等级

我国公路根据交通量及其使用任务、性质分为以下五个等级：

(1) 高速公路：一般能适应的年平均昼夜汽车交通量为25,000辆以上，是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线控制出入的公路。

(2) 一级公路：一般能适应的年平均昼夜汽车交通量为5,000~25,000辆，为联接重要政治、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。

(3) 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2,000~5,000辆，为连接政治、经济中心或大工矿区等地的干线公路，或运输任务繁忙的城郊公路。

(4) 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2,000辆以下，为沟通县及县以上城市的一般干线公路。

(5) 四级公路：一般能适应各种车辆折合成载货汽车年平均昼夜交通量为200辆以下，为沟通县、乡、村等支线公路。

我国各级公路主要路线设计参数要求

表1-1

公路等级	汽车专用公路								一般公路						
	高速公路				一		二		二		三		四		
	平原 微丘	重丘	山	岭	平原 微丘	山岭 重丘	平原 微丘	山岭 重丘	平原 微丘	山岭 重丘	平原 微丘	山岭 重丘	平原 微丘	山岭 重丘	
计算行车速度 (km/h)	120	100	80	60	100	60	80	40	80	40	60	30	40	20	
行车道宽度 (m)	2×7.5	2×7.5	2×7.5	2×7.0	2×7.5	2×7.0	8.0	7.5	9.0	7.0	7.0	6.0	3.5	3.5	
平曲线半径	极限最小半径 (m)	650	400	250	125	400	125	250	60	250	60	125	30	60	15
	一般最小半径 (m)	1 000	700	400	200	700	200	400	100	400	100	200	65	100	30
	不设超高最小 半径 (m)	5 500	4 000	2 500	1 500	4 000	1 500	2 500	600	2 500	600	1 500	350	600	150
凸形竖曲线半径 (m)	极限 最小值	11 000	6 500	3 000	1 400	6 500	1 400	3 000	450	3 000	450	1 400	250	450	100
	一般 最小值	17 000	10 000	4 500	2 000	10 000	2 000	4 500	700	4 500	700	2 000	400	700	200
凹形竖曲线半径 (m)	极限 最小值	4 000	3 000	2 000	1 000	3 000	1 000	2 000	450	2 000	450	1 000	250	450	100
	一般 最小值	6 000	4 500	3 000	1 500	4 500	1 500	3 000	700	3 000	700	1 500	400	700	200
竖曲线最小长度 (m)	100	85	70	50	85	50	70	35	70	35	50	25	35	20	

注 本表数据取自JTJ01-88“公路工程技术标准”。

当公路等级不同时，其路线的行车道宽度、停车视距、最小平面曲线半径、最大纵坡、凸形及凹形竖曲线半径等参数均有不同要求，见表1-1。这些路线参数取值，均在保证设计车速的前提下，考虑到汽车行驶的安全性、舒适性、驾驶人员的视觉和心理反应。公路等级越高，条件越优越，车辆运用效率也就越高。但是，我国公路状况尚不理想，等外公路里程所占比例约为33.74%，而一、二级公路里程只占2.63%，这就大大限制了我国汽车运输经济效益的提高。

2. 道路养护质量

根据交通部颁布的“公路养护质量检查评定暂行办法”，公路养护质量采用“好路率”和“养护质量综合值”两个指标来评定。首先通过评定，将现有公路养护质量分为优、良、次、差四等。评定项目包括：路面平整、路拱适度、行车顺适、路肩整洁、边坡稳定、标志完善鲜明、行道树齐全。满分为100，其中路面分为50，路基为20，其它为30，而且对于分值达到优、良等级的公路，还对路面分值的下限有具体规定。公路养护按评分值分等情况见表1-2。

公路养护等级评分值

表1-2

公路养护等级	优	良	次	差
总分	>90	>75	>60	<60
路面分	>45	>38	—	—

好路率的计算式为：

$$Q = \frac{L_y + L_L}{L} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中： L_y ——优等路里程；

L_L ——良等路里程；

L ——公路总里程。

养护质量综合值计算式为：

$$P = (4L_v + 3L_L + 2L_c + L_{ch}) / L \quad (1-2)$$

式中： L_c ——次等路里程；

L_{ch} ——差等路里程。

由公路等级的评分值可看出，尽管所有评定项目不是都直接与车辆运行有关，但是直接影响行车速度、行驶平顺性及各总成使用寿命的路面平整程度评分（路面分）的影响最大。因而，用“好路率”或“养护质量综合值”来代表道路状况，研究道路对汽车使用的影 响，是可行的，但也是较为粗略的。

在已有的研究资料中，曾根据我国河北、吉林等省的统计数据，得出道路养护状况与车辆运行油耗、维修费用、大修间隔里程之间的影响关系。其研究方法归纳如下。

1) 路面养护质量对汽车燃料消耗的影响

为得到较为确切的路面分值同汽车百公里油耗间的关系，曾选择典型路段进行实测。再将各路段的路面分值同汽车在一定车速下的百公里油耗数据进行回归分析，所得回归方程为：

$$\text{车速 } 50\text{km/h: } y_{50} = 34.1376e^{-0.00483x} \quad (1-3)$$

(相关系数 $R = -0.7191$)

$$\text{车速 } 40\text{km/h: } y_{40} = 29.9342e^{-0.00237x} \quad (1-4)$$

(相关系数 $R = -0.7461$)

$$\text{车速 } 30\text{km/h: } y_{30} = 30.0541e^{-0.00323x} \quad (1-5)$$

(相关系数 $R = -0.8117$)

$$\text{车速 } 20\text{km/h: } y_{20} = 28.1121e^{-0.00187x} \quad (1-6)$$

(相关系数 $R = -0.8602$)

式中: y ——油耗, L/hkm;

x ——路面分。

由回归分析可知,在一定车速下,汽车油耗与路面养护质量呈负相关对数函数关系。当试验路段的路面分介于18与49分之间时,按式(1-4)计算,汽车油耗可为28.43L/100km至26.01L/100km。此数据说明,若提高路面养护质量使路面分由18增加到49时,汽车油耗将可下降8.5%。

2) 路面养护质量对车辆维护费用的影响

曾对河北、吉林等省一些地区的车辆维护费用和道路养护质量综合值进行统计,并探求统计规律。表1-3为一些地区的道路养护综合值和该地区车辆的平均维护费用。对表1-3所列数据进行回归分析可得:

$$y = 0.2265 - 0.1586 \ln x \quad (1-7)$$

(相关系数 $R = 0.77$)

式中: y ——每 km 维护费用, 元/km;

x ——养护质量综合值。

式(1-7)反映了道路养护质量对车辆维护费用影响的统计关系。可以看出,若能加强公路养护,便可大大减少车辆损伤,从而节约车辆的维护费用。按式(1-7)计算,若道路养护综合值由2.48提高到2.78,则车辆维护费用可减少22%。

车辆维护费用和道路养护综合值

表1-3

养护综合值	2.48	2.51	2.53	2.58	2.63	2.70	2.78
维护费用 (元/km)	0.091	0.082	0.073	0.070	0.073	0.067	0.069

3) 路面养护质量对汽车大修里程的影响

河北省部分地区的公路好路率和汽车大修间隔里程统计数据列于表1-4。

一些地区的好路率和大修里程

表1-4

地区	石家庄	唐山	秦皇岛	邯郸	邢台	保定	承德	沧州
好路率	72.4	76.2	73.3	64.3	68.5	71.0	64.9	72.4
大修里程 (10 ⁴ km)	15.91	19.64	14.76	12.07	16.64	15.23	9.15	17.19

当以好路率代表公路养护质量时,通过相关分析可知,好路率与汽车大修里程间亦存在统计规律,若以线性函数表示时,可为