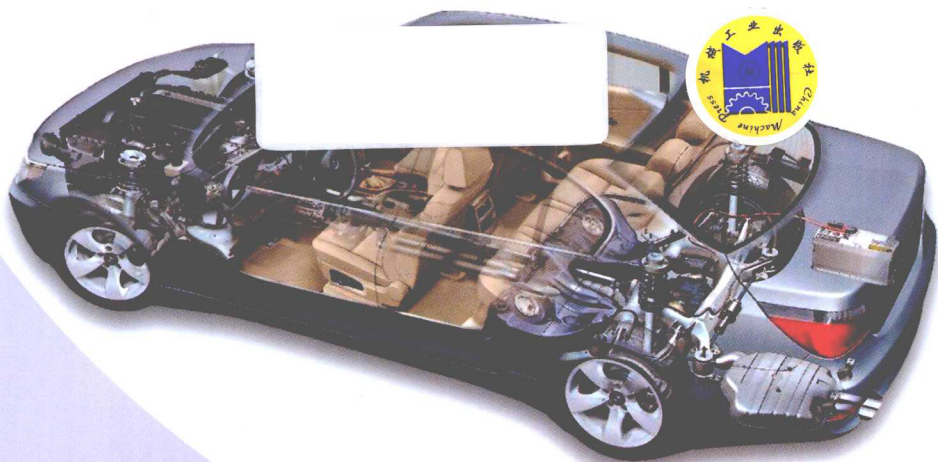


汽车使用性能与试验

普通高等教育交通类专业规划教材

陈焕江 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠教学课件
www.cmpedu.com

普通高等教育交通类专业规划教材

汽车使用性能与试验

陈焕江 主编



机械工业出版社

本书系统地讲述了汽车使用性能、影响因素及其汽车性能试验的原理和方法。内容包括：汽车结构参数和质量参数及测试、汽车动力装置的特性及试验、汽车的动力性及试验、汽车的燃油经济性及试验、汽车的制动性及试验、汽车的操纵稳定性及试验、汽车的行驶平顺性及试验、汽车的通过性及试验、汽车的环保性及试验、汽车的其他技术性能及试验等。

书中内容紧密结合汽车行业的最新标准和现代汽车发展的前沿技术，突出基本理论、基本概念和基本方法的论述，融合汽车性能及其试验技术，理论联系实际，有较高的理论参考和实践指导价值。

本书可作为高等院校汽车运用、汽车服务和交通管理等专业的教材，也可作为汽车运输、维修、管理部门的技术人员学习汽车使用性能和试验技术的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车使用性能与试验/陈焕江主编. —北京：机械工业出版社，2012.11

普通高等教育交通类专业规划教材

ISBN 978-7-111-40123-0

I. ①汽… II. ①陈… III. ①汽车—性能检测—高等学校—教材 IV. ①U472.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 248107 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：赵海青 责任编辑：赵海青

版式设计：霍永明 责任校对：张晓蓉

封面设计：鞠 杨 责任印制：乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·20.25 印张·390 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-40123-0

定价：48.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

随着汽车工业的技术进步,新材料、新结构、新工艺,特别是电子技术和计算机技术在汽车上得以广泛应用,汽车及其试验技术发展迅速,必然要求汽车性能的教材或参考书内容同步更新;同时,随着汽车保有量的迅猛增长,汽车运输、维修、管理等与汽车有关的部门从业人员大幅增多,急需一部内容安排合理、语言规范、适合读者自学的参考书。同时,汽车图书市场调查表明,把汽车使用性能的理论 with 发动机性能指标、动力装置的特性、汽车性能试验方法结合起来,增强内容的适应性,可以更好地满足读者关于该类图书的需求。

本书的主要特点是把有关汽车使用性能的理论 with 发动机性能指标、动力装置的特性和汽车性能试验方法等方面的知识有机结合起来;同时,书中内容紧密结合汽车行业的最新标准和现代汽车发展的前沿技术,突出基本理论、基本概念和基本方法的论述;此外,本书结构安排合理,系统性强,语言规范、通俗易懂,便于读者阅读,特别适合于自学。本书可作为高等院校汽车运用工程、汽车服务工程和交通运输等专业的教材,也可作为汽车运输、维修、管理部门的技术人员学习汽车使用性能和试验技术的参考书。

本书由长安大学陈焕江教授主编。参加本书编写工作的还有邱兆文、肖梅、陈昊、朱彤、沈小燕、徐婷、马壮林、何天仓等。在本书编写过程中,参阅了许多有关书籍、文献、资料,在此向它们的作者表示衷心感谢。

恳请读者对本书的内容和章节安排等提出宝贵意见,并对书中存在的错误及不当之处提出批评和修改建议,以便本书再版修订时参考。

编 者

目 录

前言

第一章 汽车结构参数和质量参数及测试	1
第一节 汽车结构参数	1
一、汽车的外廓尺寸	1
二、汽车轴距和轮距	2
三、汽车前悬和后悬	2
四、汽车外形尺寸利用参数	2
第二节 汽车质量参数	3
一、汽车质量	3
二、质心位置	4
三、汽车整备质量利用参数	4
四、汽车装载质量利用参数	5
第三节 汽车结构参数和质量参数的测试	7
一、汽车结构参数测试	7
二、整车质量测试	7
三、质心位置参数测试	7
第二章 汽车动力装置的特性及试验	12
第一节 汽车动力装置的基本要求	12
一、良好的动力性能	12
二、良好的经济性能	12
三、良好的环保性能	13
四、其他性能要求	13
第二节 发动机的性能指标	13
一、动力性指标	13
二、经济性指标	14
三、强化指标	15
第三节 汽车发动机特性	15
一、发动机速度特性	16
二、发动机的负荷特性	17
三、发动机的万有特性	18
第四节 机械式变速器的输出特性	20

一、变速器的基本作用	20
二、机械式变速器输出特性	21
第五节 液力传动装置的输出特性	21
一、液力传动装置	22
二、液力偶合器与发动机联合工作	23
三、液力变矩器与发动机联合工作	24
四、汽车用液力传动装置的基本形式	26
第六节 影响发动机性能的因素	27
一、发动机结构因素的影响	27
二、发动机技术状况的影响	30
第七节 发动机性能试验	32
一、发动机试验台	32
二、发动机性能试验条件的控制	33
三、转矩和转速的测量	33
四、燃油消耗率测量	34
五、主要性能试验方法	34
六、数据校正	35
第八节 发动机功率就车试验	36
一、发动机无负荷测功原理	36
二、转速、角加速度和加速时间测试原理	38
三、单缸功率测试原理	40
四、无负荷测功的误差	41
五、发动机无负荷测功的方法	42
第三章 汽车的动力性及试验	44
第一节 汽车动力性的概念和评价指标	44
一、汽车的最高车速	44
二、汽车的加速能力	44
三、汽车的爬坡能力	45
第二节 汽车的驱动力	45
一、汽车驱动力的概念	46
二、机械传动汽车的驱动力	46
三、液力传动汽车的驱动力	49
四、汽车的驱动力图	49
第三节 汽车的行驶阻力	50
一、滚动阻力	50
二、坡度阻力和道路阻力	56

三、空气阻力	57
四、加速阻力	60
第四节 汽车行驶方程式和驱动-附着条件	63
一、汽车行驶方程式	63
二、汽车行驶的驱动条件	64
三、汽车行驶的附着条件	64
四、影响附着力大小的因素	65
第五节 汽车动力性分析	67
一、驱动力-行驶阻力平衡图、动力特性图和功率平衡图	67
二、汽车动力性分析	69
第六节 附着条件限制下汽车的动力性	75
一、附着条件限制的加速能力	75
二、附着条件限制的爬坡能力	76
第七节 汽车驱动系统参数对汽车动力性的影响	77
一、发动机功率	77
二、汽车传动系统的传动比	78
三、轮胎尺寸与型式对汽车动力性的影响	82
第八节 汽车动力性的道路试验	82
一、试验条件	82
二、试验仪器	83
三、试验项目及试验方法	83
第九节 汽车动力性的室内台架试验	84
一、汽车底盘测功机	85
二、汽车动力性的台架试验	88
三、其他动力性参数的室内台架测试	91
第四章 汽车的燃油经济性及试验	93
第一节 汽车燃油经济性的评价指标	93
第二节 汽车燃油经济性的评价工况	94
一、稳态工况	94
二、循环工况	95
第三节 汽车燃油经济性的计算方法	102
一、汽车燃油消耗方程式	102
二、汽车等速百公里燃油消耗量计算	103
三、汽车循环工况百公里燃油消耗量计算	104
四、装有液力变矩器汽车的燃油经济性计算	107
五、汽车运行燃油消耗量的计算	108

第四节 影响汽车燃油经济性的因素	110
一、影响汽车燃油经济性的结构因素	110
二、影响汽车燃油经济性的使用因素	115
三、新能源汽车简介	117
第五节 汽车燃油经济性的试验方法	118
一、常用油耗仪工作原理	118
二、油耗仪的连接	121
三、汽车燃油经济性的道路试验方法	124
四、汽车燃油经济性的台架试验方法	126
第六节 汽车燃油消耗量限值	130
一、乘用车燃油消耗量限值	130
二、轻型商用汽车燃油消耗量限值	131
三、营运车辆燃油消耗量限值	133
第五章 汽车的制动性及试验	136
第一节 制动时车轮的受力	136
一、地面制动力	136
二、制动器制动力	137
三、制动力的增长	137
四、附着力与附着系数	138
第二节 汽车的制动效能	143
一、汽车的制动距离	143
二、制动力和制动减速度	145
三、影响汽车制动效能的因素	146
第三节 制动效能的恒定性	147
一、制动器的抗热衰退性能	147
二、制动器的抗水衰退性能	149
第四节 制动时汽车的方向稳定性	149
一、汽车的制动跑偏	149
二、汽车的制动侧滑	151
三、转向轮失去转向能力	151
四、制动防抱死装置	152
第五节 前后轴制动力的分配	155
一、前后轴制动力的理想分配	155
二、制动强度决定的制动力分配极限	157
三、前、后制动器制动力的定比分配与同步附着系数	158
四、装载变化对制动性的影响	159

第六节 汽车制动性的道路试验	161
一、试验条件	161
二、试验仪器	161
三、试验方法	162
第七节 汽车制动性能的台架试验	167
一、利用测力式制动试验台试验汽车的制动性能	167
二、利用惯性式制动试验台试验汽车的制动性能	170
三、利用平板式制动试验台试验汽车的制动性能	171
第六章 汽车的操纵稳定性及试验	174
第一节 轮胎的侧偏特性	174
一、轮胎坐标系	174
二、弹性轮胎的侧偏现象	175
三、弹性轮胎的侧偏特性	175
四、有外倾时车轮的侧偏特性	177
五、影响轮胎侧偏特性的因素	178
第二节 汽车转向时的运动	180
一、装用刚性轮胎的汽车转向时的几何关系	180
二、装用弹性轮胎的汽车转向时的几何关系	181
三、汽车的稳态转向特性	182
第三节 汽车稳态转向特性分析	182
一、汽车圆周行驶时的稳定性	182
二、表征汽车稳态响应的技术参数	184
三、转向特性对汽车操纵稳定性的影响	187
四、影响汽车稳态转向特性的因素	189
第四节 转向轮绕主销的振动	189
一、前轴角振动引起的转向轮摆振	190
二、转向轮不平衡引起的振动	191
三、前悬架与转向系统运动学关系不协调引起的振动	192
第五节 回正力矩	193
一、轮胎侧偏引起的回正力矩	193
二、车轮外倾角引起的回正力矩	194
三、主销后倾角引起的回正力矩	195
四、主销内倾角引起的回正力矩	196
第六节 汽车的瞬态响应	196
第七节 底盘有关总成与操纵稳定性的关系	198
一、汽车操纵稳定性与悬架的关系	198

二、汽车操纵稳定性与转向系统的关系	202
三、汽车的操纵稳定性与传动系统的关系	204
第八节 汽车操纵稳定性的道路试验	206
一、试验条件	206
二、试验仪器和设备	206
三、稳态转向特性试验	209
四、转向回正性能试验	210
五、转向轻便性试验	210
六、瞬态横摆响应试验	211
七、转向盘角脉冲试验	211
第九节 影响操纵稳定性的底盘有关总成的台架检验	212
一、转向盘自由行程和转向力测试	212
二、车轮平衡试验	212
三、转向轮定位试验	214
四、汽车转向轮侧滑量试验	218
第七章 汽车的行驶平顺性及试验	220
第一节 汽车行驶平顺性概述	220
一、汽车行驶平顺性的概念	220
二、汽车振动及其传递途径	220
三、汽车平顺性研究的问题	221
第二节 汽车行驶平顺性的评价	221
一、人体对振动的反应	221
二、汽车平顺性的评价方法	223
第三节 随机振动基础和路面输入	225
一、随机振动基本概念	225
二、输入的路面不平度功率谱	227
第四节 汽车振动系统的简化与单质量系统的振动	227
一、汽车振动系统的简化	227
二、单质量系统及其振动特性分析	229
第五节 影响汽车行驶平顺性的因素	230
一、悬架结构	230
二、悬架阻尼	231
三、轮胎	231
四、座椅	231
五、非悬架质量	232
六、底盘旋转件不平衡的影响	232

七、轴距的影响	232
第六节 汽车行驶平顺性试验	232
一、试验条件	232
二、平顺性试验数据的采集和处理系统	233
三、试验项目及方法	234
第七节 悬架装置的台架试验	236
一、悬架装置性能试验	236
二、悬架装置和转向系统间隙试验	238
第八章 汽车的通过性及试验	240
第一节 汽车通过性的评价指标	240
一、轮廓通过性及评价指标	240
二、牵引支撑通过性及评价指标	242
第二节 汽车的挂钩牵引力	244
一、松软路面对车辆的土壤推力	244
二、松软路面对车辆的土壤阻力	245
三、汽车的挂钩牵引力	245
第三节 汽车的倾覆失效	246
一、汽车纵向倾覆	246
二、汽车侧向倾覆	246
第四节 影响汽车通过性的因素	248
一、影响汽车通过性的结构因素	248
二、影响汽车通过性的使用因素	252
第五节 汽车通过性试验	253
一、通过性参数测试	253
二、汽车稳定性参数的测试	254
三、牵引试验	255
第九章 汽车的环保性及试验	259
第一节 汽车排放性能	259
一、汽车排放污染物	259
二、汽车排放污染源	260
三、汽车主要污染物的产生机理	260
四、影响汽车排放污染物浓度的因素	261
五、降低汽车排气污染的主要措施	266
第二节 汽车噪声	269
一、汽车噪声及其危害	269
二、汽车噪声的评价指标	269

三、汽车的噪声源	271
四、影响汽车噪声排放的使用因素	274
第三节 汽车电磁干扰	275
一、汽车电磁干扰的产生	275
二、汽车电磁干扰公害的防治	276
第四节 汽车排气污染物试验	277
一、点燃式发动机汽车排气污染物试验	277
二、压燃式发动机汽车自由加速烟度试验	287
第五节 汽车噪声和喇叭声级试验	291
一、汽车噪声排放限值	291
二、噪声试验仪器	293
三、车内噪声试验	295
四、驾驶人耳旁噪声试验	296
五、汽车加速行驶车外噪声试验	296
六、汽车定置噪声的试验	298
七、汽车喇叭声级试验	300
第十章 汽车的其他技术性能及试验	301
第一节 汽车的使用方便性	301
一、操纵轻便性	301
二、出车迅速性	301
三、乘客上下车方便性	302
四、装卸货物方便性	302
五、乘坐舒适性	302
六、最大续驶里程	302
第二节 汽车的可靠性和耐久性	303
一、汽车的可靠性	303
二、汽车的耐久性	303
第三节 汽车的维修性	303
第四节 汽车可靠性行驶试验	304
一、试验准备	304
二、试验方法	305
三、试验数据统计	307
参考文献	308

第一章 汽车结构参数和质量参数及测试

汽车的使用性能与汽车的结构参数、质量参数等汽车整车技术参数密切相关。本章主要介绍汽车的结构参数及汽车外廓尺寸利用参数、汽车质量及其质量利用参数和这些参数的测试方法。汽车通过性参数和稳定性参数等整车技术参数及其测试方法见本书第八章。

第一节 汽车结构参数

车辆结构参数主要包括车辆外廓尺寸、轴距、轮距、前悬、后悬、驾驶室内部尺寸以及人机工程参数等。

一、汽车的外廓尺寸

汽车的外廓尺寸指车辆的长度、宽度及高度，如图 1-1 所示。车辆外廓尺寸不得超过或小于规定的外廓尺寸界限。

车辆的长度指垂直于车辆的纵向对称平面并分别抵靠在汽车前、后最外端突出部位的两垂直面之间的距离。

车辆的宽度指平行于车辆纵向对称平面并分别抵靠车辆两侧固定突出部位(除去后视镜、侧面标志灯、示位灯、转向信号灯、挠性挡泥板、折叠式踏板、防滑链以及轮胎与地面接触部分的变形)的两平面之间的距离。

车辆的高度指在车辆无装载质量时，车辆支撑水平地面与车辆最高突出部位相抵靠的水平面之间的距离。

汽车的长度、宽度、高度是根据汽车的用途、道路条件、载质量(或载客量)及结构布置等因素而确定的。为了使汽车的外廓尺寸适合于本国的公路、桥梁、涵洞和公路运输的标准及保证行驶的安全性，各国对公路运输车辆的外廓尺寸均有法规限制。GB 1589—2004《道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值》规定了我国在道路上使用的汽车(最大设计总质量超过

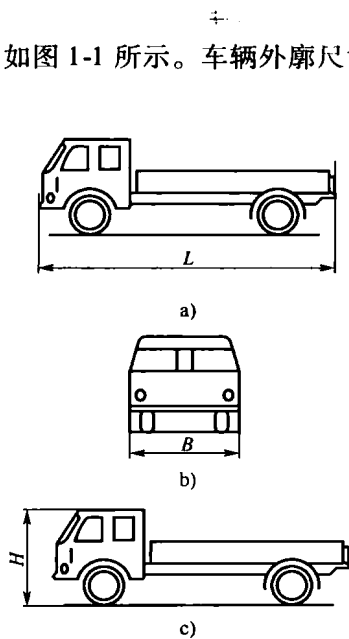


图 1-1 车辆的外廓尺寸

a) 车辆长度 b) 车辆宽度
c) 车辆高度

26000kg 的汽车起重机除外)、挂车及汽车列车的外廓尺寸、轴荷及质量的限值。

二、汽车轴距和轮距

汽车轴距指汽车在直线行驶位置时,同侧相邻两轴的车轮接地中心点到车辆纵向对称平面的两条垂线间的距离,如图 1-2a 所示。多轴机动车的轴距按第一轴至最后轴的距离计算,对铰接客车的按第一轴至第二轴的距离计算。

汽车轮距指在支撑平面上,同轴左右车轮两轨迹中心间的距离(轴两端为双轮时,为左右两条双轨迹中线间的距离),如图 1-2b 所示。

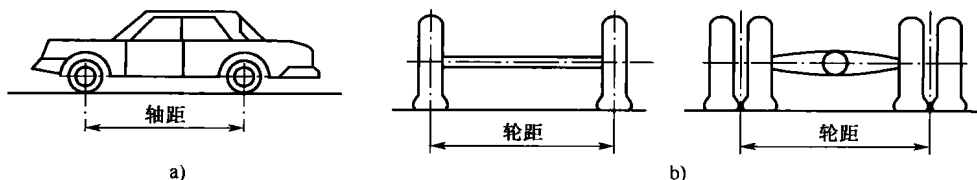


图 1-2 汽车的轴距和轮距

三、汽车前悬和后悬

汽车前悬指通过两前轮中心的垂面与抵靠在车辆最前端(包括前拖钩、车牌及任何固定在车辆前部的刚性部件)并垂直于车辆纵向对称平面的垂面之间的距离,如图 1-3a 所示。

汽车后悬指通过车辆最后端车轮的轴线的垂面与抵靠在车辆最后端(包括牵引装置、车牌及固定在车辆后部的任何刚性部件)并垂直于车辆纵向对称平面的垂面之间的距离,如图 1-3b 所示。

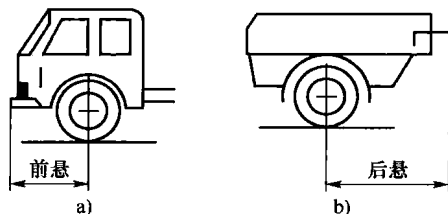


图 1-3 汽车前悬和后悬

后悬的长度取决于货箱的长度、轴距和轴荷分配情况,同时要保证车辆具有适当的离去角。若后悬过长时,上下坡时容易刮地,车辆转弯时的通道宽度过大。

四、汽车外形尺寸利用参数

汽车外形尺寸的利用情况可以用紧凑性作为指标来评价。汽车的操纵轻便性、机动性、通过性以及停车面积等均与汽车紧凑性有密切关系。重型载货汽车、大型客车较其他车辆要求有较好的紧凑性。

汽车的紧凑性采用长度利用系数 λ_1 、外形面积利用系数 λ_a 、比容载量面积 A_q (货车: m^2/t)和 A'_q (客车: $\text{m}^2/\text{座位}$)、比容载量体积 V_q (货车: m^3/t)和 V'_q (客车: $\text{m}^3/\text{座位}$)评价。计算公式为

$$\lambda_l = \frac{L_k}{L_a}$$

$$\lambda_a = \frac{ab}{AB}$$

$$A_q = \frac{AB}{q_0}$$

$$A'_q = \frac{AB}{q_p}$$

$$V_q = \frac{ABH}{q_0}$$

$$V'_p = \frac{ABH}{q_p}$$

式中 L_k ——车箱(身)的有效容积内长(m);

L_a ——汽车外形长度(m);

ab ——车箱(身)面积(m^2);

AB ——汽车轮廓占地面积(m^2);

q_0 ——车辆额定载质量(t);

q_p ——车辆额定载客量(人);

H ——车辆外形高度(m)。

第二节 汽车质量参数

一、汽车质量

汽车质量参数主要包括整车干质量、整车整备质量、装载质量、总质量、轴载质量等。

1. 整车干质量

整车干质量是指装备有车身、全部电气设备和车辆正常行驶所需要的辅助设备的完整车辆的质量(不包括燃料和冷却液质量)与选装装置(包括固定的或可拆装的铰接侧栏板、篷杆、防水篷布及系环、机械的或已加注油液的液力举升装置、连接装置等)质量之和。

2. 整车整备质量

整车整备质量指整车干质量、冷却液质量、燃料(不少于整个油箱容量的90%)质量与随车件(包括备用车轮、灭火器、标准备件、三角垫木和随车工具等)质量之和。

3. 装载质量

装载质量指货运质量与客运质量之和。最大货运质量与最大客运质量之和称

为最大装载质量。

4. 总质量

总质量指整车整备质量与装载质量之和，整车整备质量与最大装载质量之和称为最大总质量。

5. 轴载质量

轴载质量可分为厂定最大轴载质量和允许最大轴载质量。前者指制造厂考虑到材料强度、轮胎的承载能力等因素而核定出的轴载质量；后者指车辆管理部门根据使用条件而规定的轴载质量。

二、质心位置

质心位置参数主要包括车辆质心水平位置、质心高度等。

① 质心水平位置：指质心距前轴中心线的水平距离 L_1 (m) 和质心距后轴中心线的水平距离 L_2 (m)。

② 质心高度：指质心距车辆支撑平面的垂直距离 h_g (m)。

三、汽车整备质量利用参数

1. 汽车质量利用的评价指标

通常采用质量利用系数 γ_m 或整备质量利用系数 γ_b 评价汽车质量利用的优劣，反映了汽车整备质量与装载质量的关系和汽车设计、制造及材料利用的水平。其计算公式为

$$\gamma_m = \frac{M_0}{M}$$

$$\gamma_b = \frac{M_0}{M_b}$$

式中 M ——汽车总质量(kg)；

M_0 ——汽车额定装载质量(kg)；

M_b ——汽车整备质量(kg)。

整备质量利用系数的高低与汽车的部件、总成、结构的完善程度以及轻型高强度材料的使用率有关。

整备质量利用系数表明了汽车主要材料的使用水平，反映了该车型的设计、制造水平。运输过程中，汽车整备质量将引起非生产性油耗，加速轮胎磨损，增大发动机功率损耗，因而直接影响汽车的使用经济性。在装载质量和使用寿命相同条件下，汽车整备质量利用系数越高，其结构和制造水平就越高，使用经济性越好。

2. 提高整备质量利用系数的措施

提高整备质量利用系数的措施有：

① 不断完善汽车结构和制造技术。

② 使用轻型高强度材料，特别是使用强度高、质量轻的高强度铝合金和复合塑料。

③ 提高汽车装载质量。

汽车整备质量利用系数随装载质量的增加而提高，轻型货车约为 1.1，中型货车约为 1.35，重型货车为 1.3 ~ 1.7。平头汽车的整备质量利用系数一般比长头汽车高。由货车变形的自卸汽车，因改装后整备质量增大，其整备质量利用系数比基本型汽车低。表 1-1 为几种国产汽车的整备质量利用系数。

表 1-1 几种国产汽车的整备质量利用系数

车 型	额定载质量/kg	整备质量/kg	整备质量利用系数
EQ3092F19D	5000	4930	1.01
EQ5202CCQ	9900	10110	0.98
DFL3251A1	15600	9200	1.70
DFL1250A	14210	10690	1.33
CQ3193T8F3G381	9305	9695	0.96
CQ3263T8F19G324	14000	12000	1.17
CA1225P1K2L9T1	13980	8510	1.64
CA1310P4K2L11T4A	19200	11790	1.63

四、汽车装载质量利用参数

汽车装载质量的利用情况与汽车的额定装载质量、车箱尺寸、货物密度有关，常用装载质量利用系数 γ_q 和比装载质量 γ_z (t/m^3) 评价，反映汽车的车箱容积与所载货物类别的适应性。其计算公式为

$$\gamma_q = \frac{m_v V_m}{M_0}$$

$$\gamma_z = \frac{M_0}{V_m}$$

式中 M_0 ——汽车额定装载质量(t)；

V_m ——汽车车箱容积(m^3)；

m_v ——货物容积质量(t/m^3)。

容积质量 m_v 指在自然堆积状态下，单位容积货物的质量。

装载质量利用系数 γ_q 和比装载质量 γ_z 表征汽车车箱对货物容积质量的适应能力。前者反映某种汽车车箱装满某类货物时，其额定载质量的利用程度，决定该车装载何种货物时能够充分利用汽车装载能力；后者说明某型汽车装载何种货物且装满车箱时，可以能使额定载质量得到充分利用。

汽车栏板的标准设计高度一般约为 600mm，普通货车装载容积质量或密度