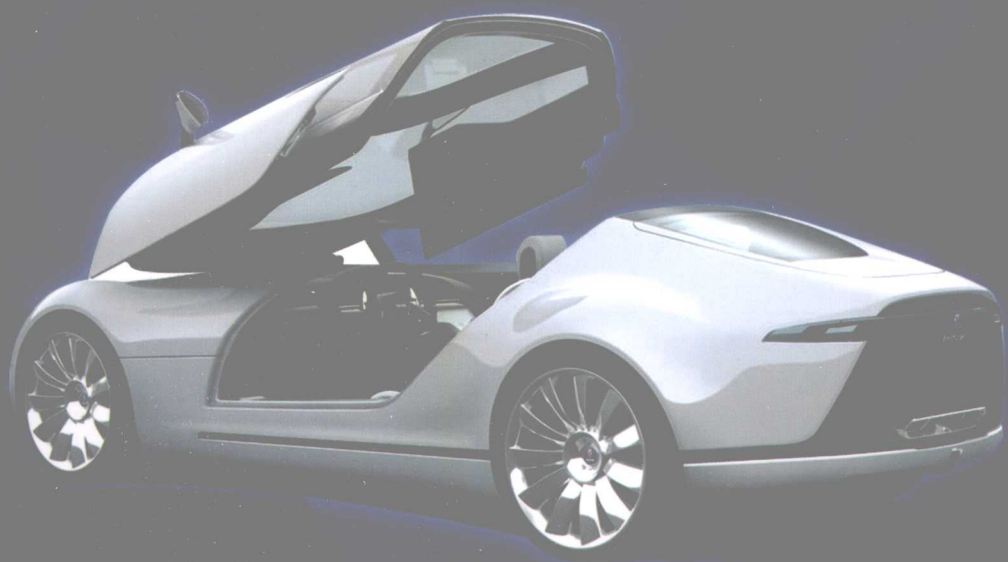


汽车 性能优化

□ 高松 庄继德 任传波 邹广德 编著



汽车性能优化

高松 庄继德 任传波 邹广德 编著



机械工业出版社

“汽车性能优化”是山东理工大学车辆工程专业提出建立的一门新的专业课程。全书共分十二章，包括六部分内容：第一部分是汽车性能概述；第二部分对汽车力学性能以及安全性、可靠性、环保性、经济性、舒适性等分别进行了深入探讨，其中还包括法规标准、试验方法等；第三部分创造性地提出汽车性能指标系统设计和综合评价方法；第四部分研究汽车性能优化的系统工程；第五部分介绍汽车各分系统的性能优化设计；第六部分专门论述改善电动汽车综合性能的途径。

本书可作为车辆工程、交通工程、交通运输、汽车服务工程等专业教学用书，也可供相关工程技术人员和管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车性能优化/高松等编著. —北京: 机械工业出版社,
2008. 8

ISBN 978 - 7 - 111 - 24525 - 4

I. 汽… II. 高… III. 汽车 - 性能 IV. U461

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 096274 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: 赵爱宁

责任编辑: 刘国明 版式设计: 霍永明 责任校对: 吴美英

封面设计: 王伟光 责任印制: 邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2008 年 8 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18 印张 · 445 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 24525 - 4

定价: 29.00 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) 88379711

封面无防伪标均为盗版

前 言

党中央高瞻远瞩地提出了建设创新型国家的发展目标，可以预计在今后很长一段时期内，这一重大政策将作为全国各行各业的行动指南。在高等教育领域内，为了培养创新型人才，必须对教育进行改革，而教育改革的核心是教学内容的改革。就我国高等学校车辆工程专业的目前情况而言，其专业主干课程体系基本上还在沿袭着20世纪50年代前苏联汽车专业的“汽车构造”、“汽车设计”、“汽车理论”等老三样的旧框框。虽然近几十年来这些课程的内容不断有所更新，但也只是量的变化而并没有实现质的突变。尤其在今天，随着汽车科技的快速发展其内容都已显得有点陈旧，难免与当今的汽车工业实际脱节。

这里仅就“汽车理论”课程来说，其名称和内容实际上并不相符，整个课程围绕汽车性能来组织内容，缺乏完整的系统理论。如果说这只是一门讲述汽车性能的课程，却又显得很全面，不少重要的性能如安全性、可靠性、环保性等均未提及；就汽车经济性而言也只讲到燃油经济性，并未包括成本、效率等内容。目前汽车科技发展趋势是提倡个性化、舒适性。舒适性作为汽车的一个重要性能指标在“汽车理论”课程内也没有专门讨论。

根据我们几十年来的教学经验和近年来的探索思考，认为目前的“汽车理论”课程应该由“汽车系统动力学”和“汽车性能优化”两门课程来代替。应该说“汽车系统动力学”目前已经比较成熟，形成了一套较为完整的理论，在国际上有关“车辆系统动力学”的研究早已成立专门的学会，定期召开国际学术会议，并公开出版刊物。

“汽车性能优化”是我们提出要建立的一门新的专业课。本书就是这门课程的教材雏形，其主要内容包括六部分：第一部分是汽车性能概述；第二部分对汽车力学性能以及安全性、可靠性、环保性、经济性、舒适性等分别进行了深入探讨，其内容还包括法规标准、试验方法等；第三部分创造性地提出汽车性能指标系统设计和综合评价方法；第四部分研究汽车性能优化的系统工程；第五部分介绍汽车各分系统的性能优化设计；第六部分专门论述改善电动汽车综合性能的途径。

本书提供最新汽车科技信息，立足于拓宽读者的知识面；书中并提供科学的思考方法，有利于培育读者的创新思维。本书内容接近汽车产品开发实际，有助于汽车厂的工程师们在实际工作中应用。

在机械工业出版社高教分社的精心策划和山东理工大学领导的大力支持下，我们进行了创建汽车专业主干课程教材新体系的尝试，目前已出版了《汽车产品开发》和《汽车构型发展》两本书，本书是第三本。

IV

本书既可作为车辆工程等专业教学用书，也可供汽车与交通运输行业有关工程技术人员和管理人员参考。

本书在编写过程中参阅了很多兄弟院校老师编写的专著、教材和参考书，并引用了其中的部分资料，在此向所有作者一并表示感谢。

由于本书是创新之作，在体系和内容上尚不够十分成熟，加之作者水平有限，书中定有错误和不当之处，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

前言	
第一章 汽车分类与技术规格	1
第一节 汽车种类的定义	1
第二节 汽车技术规格的内容	2
第三节 汽车技术规格与性能指标	15
第二章 汽车力学性能	17
第一节 基于纵向力学的动力性	17
第二节 基于垂向力学的平顺性	26
第三节 基于侧向力学的操纵稳定性	34
第四节 基于地面力学的汽车通过性	49
第三章 汽车安全性	56
第一节 汽车安全性概述	56
第二节 汽车安全法规	58
第三节 汽车制动安全性	65
第四节 汽车碰撞安全性	74
第四章 汽车可靠性	86
第一节 耐久性	86
第二节 可靠度	89
第三节 维保性	91
第四节 汽车质量保证期	92
第五章 汽车环保性	94
第一节 气体温室效应与臭氧层保护	94
第二节 排放污染	98
第三节 车内环境污染	114
第四节 汽车噪声	115
第五节 废旧汽车的回收利用	120
第六节 环保要求纳入新车型开发项目	129
第六章 汽车经济性	131
第一节 燃油经济性	131
第二节 成本	144
第三节 效率	149
第七章 汽车舒适性	151
第一节 人体舒适性	151
第二节 环境舒适性	157
第三节 操纵轻便性	161

第四节	座舱居住性	168
第八章	汽车性能评价指标体系与综合评价方法	170
第一节	汽车的评价指标系统设计	170
第二节	普通级轿车综合性能评价	171
第三节	轻型货车性能评价指标体系	178
第四节	越野车的综合评价准则	182
第九章	汽车性能优化中的系统分析	186
第一节	预测技术发展的动态分析	186
第二节	用层次分析法优选车型方案	192
第三节	应用模糊数学分析汽车性能指标对产品销售的影响	198
第十章	汽车性能优化的系统工程方法	205
第一节	确定汽车性能设计指标的优化方法	205
第二节	汽车性能指标选择中的辩证关系	206
第三节	均衡性能指标应遵循的基本原则	208
第十一章	汽车的性能优化设计	211
第一节	汽车动力传动系统的动力性与燃油经济性均衡设计	211
第二节	汽车悬架系统的平顺性优化设计	222
第三节	汽车转向系统的优化方案	230
第四节	汽车制动系统的最佳化途径	233
第五节	轿车车身的安全性设计	240
第十二章	改善电动汽车的综合性能	244
第一节	改善纯电动汽车性能的关键技术	244
第二节	混合动力汽车的性能优化	254
第三节	燃料电池汽车的性能提高	271
参考文献	281

第一章 汽车分类与技术规格

第一节 汽车种类的定义

一、我国的汽车分类标准

我国的汽车分类标准把汽车分为七类：轿车、货车、越野车、自卸汽车、牵引汽车、专用汽车和客车。上述七类汽车又根据发动机的排量 V 和汽车总质量 m_a 或汽车尺寸（总长） L_a 不同进一步区分，如不同发动机排量的轿车，表明汽车的动力性和经济性指标不一样。我国根据发动机排量不同，将轿车分为五级（见表 1-1）；货车按公路运行时厂定最大总质量不同，将它们分为四级（见表 1-2）；而客车根据车辆总长不同来区分（见表 1-3）。

表 1-1 轿车的分类

轿车级别	微 型	普 通 级	中 级	中、高级	高 级
发动机排量 V/L	$V \leq 1.0$	$1.0 < V \leq 1.6$	$1.6 < V \leq 2.5$	$2.5 < V \leq 4.0$	$V > 4.0$

表 1-2 货车的分类

货车级别	微 型	轻 型	中 型	重 型
公路运行 最大总质量 m_a/t	$m_a \leq 1.8$	$1.8 < m_a \leq 6.0$	$6.0 < m_a \leq 14.0$	$m_a > 14.0$

表 1-3 客车的分类

客车级别	微 型	轻 型	中 型	大 型
车辆总长 L_a $/m$	$L_a \leq 3.5$	$3.5 < L_a \leq 7.0$	$7.0 < L_a \leq 10.0$	$L_a > 10.0$

二、与国际接轨的新标准

从 2005 年起，中国汽车统计分类推荐使用与国际接轨的新标准。新国标的汽车分类与欧洲标准（见表 1-4）一致，因此与国际完全接轨，其中乘用车是指 9 个座位以下，以载客为主的车辆，包括基本乘用车、MPV、SUV，以及除以上三类以外所有乘用车等 4 类；而商用车是指超过 9 个座的客车、载货汽车、半挂车，以及客车与载货汽车非完整车辆等 5 类。也就是说，我国新的车辆分类标准将汽车按照用途分为两大类：即主要作为私人代步工具的乘用车和以商业运输为目的的商用车。将车型在原有 M 类（乘坐人员车辆）、N 类（载货汽车）、O 类（挂车）的基础上又增加了 G 类（越野车）。

表 1-4 欧洲标准中对汽车种类的定义

种 类	描 述
M	至少有 4 个车轮的乘用车
M ₁	除驾驶员座位外, 乘客座位不超过 8 个的乘用车
M ₂	除驾驶员座位外, 乘客座位超过 8 个且最大总质量不超过 5t 的乘用车
M ₃	除驾驶员座位外, 乘客座位超过 8 个且最大总质量超过 5t 的乘用车
N	至少有 4 个车轮的机动货车
N ₁	厂定最大总质量不超过 3.5t 的货车
N ₂	厂定最大总质量超过 3.5t 而不超过 12t 的货车
N ₃	厂定最大总质量超过 12t 的货车
O	挂车 (包括半挂车)
G	非道路车辆

注: G 可与 M 或 N 组合使用。例如, 一个车属于 N₁ 类和非道路车辆, 则用 N₁G 表示。

第二节 汽车技术规格的内容

汽车企业生产的产品一般都给用户的技术规格, 作为例子, 表 1-5 给出了华普海尚 305、哈飞赛豹、奇瑞旗云和比亚迪 F3 的技术规格。

表 1-5 厂家提供的技术规格

车型	海尚 305	赛 豹	旗 云	比亚迪 F3
技术规格内容				
发动机				
类型	直 4, DOHC, 每缸 4 气门	直 4, SOHC, 每缸 4 气门	直 4, DOHC, 每缸 4 气门	直 4, SOHC, 每缸 4 气门
排量/mL	1762	1584	1598	1584
最大功率/kW	83 (5600r/min)	74 (6000r/min)	85 (6000r/min)	74 (6000r/min)
最大转矩/(N·m)	157 (3400r/min)	133.4 (4500r/min)	149 (4500r/min)	134 (4500r/min)
驱动型式	前横置前轮驱动	前横置前轮驱动	前横置前轮驱动	前横置前轮驱动
变速器				
类型	5 速手动	5 速手动	5 速手动	5 速手动
悬架				
前	麦弗逊式独立	麦弗逊式独立	麦弗逊式独立	麦弗逊式独立
后	纵向摆臂式半独立	多连杆式独立	纵向拖臂式半独立	拖曳臂式半独立
转向系				
类型	齿轮齿条式液压助力	齿轮齿条式液压助力	齿轮齿条式液压助力	齿轮齿条式液压助力
制动器				
类型 (前/后)	盘式/鼓式 带 ABS + EBD	通风盘式/鼓式 带 ABS + EBD	盘式/鼓式 带 ABS	通风盘式/盘式 带 ABS + EBD
车轮及轮胎				
车轮	14in 铝合金	15in 铝合金	14in 铝合金	15in 铝合金
轮胎	185/60 R14	195/55 R15	185/60 R14	195/60 R15

(续)

技术规格内容 \ 车型	海尚 305	赛 豹	旗 云	比亚迪 F3
油耗及排放				
90km/h 等速油耗 /[L·100km) ⁻¹]	6.3	5.9		
排放标准	欧Ⅲ	欧Ⅲ	欧Ⅲ	欧Ⅲ
外形参数				
长×宽×高 /mm×mm×mm	4435×1710×430	4434×1708×1471	4393×1682×1424	4533×1705×1490
轴距/mm	2540	2600	2468	2600
轮距/mm (前轮距/后轮距)	1423/1424	1470/1470	1425/1419	1480/1460
最小转弯直径/m	10.5	10.5	11	10.2
整备质量/kg	1130	1180	1100	1200
油箱容积/L	51	50	55	50
行李箱容积/L	520	500	550~1360	
价格				
测试车价格/元	71999	99800	75800	79800

技术规格主要涉及下述内容。

一、外形参数

汽车的主要外形参数有：外廓尺寸（长、宽、高）、轴距、轮距（前/后）、最小转弯直径和整备质量等。

1. 外廓尺寸

GB 1589—2004《道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值》规定的汽车外廓尺寸见表 1-6。

轿车总长 L_a 与轴距 L 有下述关系： $L_a = L/C$ 。式中， C 为比例系数，其值为 0.52 ~ 0.66。前置发动机前轮驱动汽车的 C 值为 0.62 ~ 0.66，后置发动机后轮驱动汽车的 C 值为 0.52 ~ 0.56。

表 1-6 汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸的最大限值

(mm)

车辆类型		车长 ^{①,⑩,⑪,⑫}	车宽 ^⑩	车高 ^⑩		
汽车	三轮汽车 ^{②,③}	4600	1600	2000		
	货车 ^{⑤,⑥} 及 半挂牵引车	最高设计车速小于 70km/h 的四轮货车 ^④	6000	2000	2500	
		二轴	最大设计总质量 ≤ 3500kg	6000	2500 ^⑧	4000
			最大设计总质量 > 3500kg, 且 ≤ 8000kg	7000 ^⑦		
			最大设计总质量 > 8000kg, 且 ≤ 12000kg	8000 ^⑦		
			最大设计总质量 > 12000kg	9000 ^⑦		
		三轴	最大设计总质量 ≤ 20000kg	11000		
	最大设计总质量 > 20000kg		12000			
	乘用车 及客车	四轴		12000	2500 ^⑧	4000
		乘用车及二轴客车		12000		
三轴客车		137000				
单铰接客车		18000				

(续)

车辆类型		车长 ^{①,③,⑪,⑫}	车宽 ^⑩	车高 ^⑨	
挂车	半挂车 ^⑩	一轴	2500 ^⑧	4000	
		二轴			8600
		三轴			10000 ^⑪
	中置轴(旅居)挂车				13000
	其他挂车	最大设计总质量≤10000kg			8000
最大设计总质量>10000kg		7000			
汽车	铰接列车	16500 ^⑬	2500 ^{⑧,⑭}	4000 ^⑮	
列车	货车列车	20000			

- ① 挂车车长为挂车最前端至最后端的距离。
- ② 即原三轮农用运输车。
- ③ 当采用转向盘转向、由传动轴传递动力、具有驾驶室且驾驶人座椅后设计有物品放置空间时，车长、车宽、车高的限值分别为5200mm、1800mm、2200mm。
- ④ 指低速载货汽车，即原四轮农用运输车。
- ⑤ 车长限值不适用于不以运输为目的的专用作业车。
- ⑥ 最大设计总质量不超过26000kg的汽车起重机的车长限值为13000mm。
- ⑦ 当货厢与驾驶室分离且货厢为整体封闭式时，车长限值增加1000mm。
- ⑧ 对于货厢为整体封闭式的厢式货车（且货厢与驾驶室分离）、整体封闭式厢式半挂车及整体封闭式厢式汽车列车，以及车长大于11000mm的客车，车宽最大限值为2550mm。
- ⑨ 定线行驶的双层客车站高最大限值为4200mm。
- ⑩ 运送不可拆解物体的低平板专用半挂车车宽限值3000mm；车长限值不适用于运送不可拆解物体的低平板专用半挂车、运送车辆的专用半挂车（但与牵引车组成的列车长度需符合本标准规定）和运送单箱长度大于12.2m（40ft）集装箱的框架式集装箱半挂车。
- ⑪ 对于整体封闭式厢式半挂车、集装箱半挂车，以及组成五轴汽车列车的罐式半挂车，车长最大限值为13000mm。
- ⑫ 自2008年1月1日起，在高等级公路上使用的整体封闭式厢式半挂车，车长最大限值为14600mm。
- ⑬ 运送不可拆解物体的低平板列车和运送单箱长度大于12.2m（40ft）集装箱的框架式集装箱列车除外；自2008年1月1日起，与整体封闭式厢式半挂车组成的铰接列车在高等级公路上使用时，车长最大限值为18100mm。
- ⑭ 运送不可拆解物体的低平板挂车列车车宽限值3000mm。
- ⑮ 对于集装箱挂车列车指装备空集装箱时的高度。2007年1月1日以前，集装箱挂车列车的车高最大限值为4200mm。

不在公路上行驶的汽车，其外廓尺寸不受上述规定限制。

对于轿车宽度尺寸，一方面由乘员必需的室内宽度和车门厚度来决定，另一方面应保证能布置得下发动机、车架、悬架、转向系和车轮等。轿车总宽 B_a 与车辆总长 L_a 之间有下列近似关系： $B_a = (L_a/3) + (195 \pm 60) \text{mm}$ 。后座乘3人的轿车， B_a 不应小于1410mm。

影响轿车总高 H_a 的因素有轴间底部离地高 h_m 、地板及下部零件高 h_p 、室内高 h_B 和车顶造型高度 h_t 等。

轴间底部离地高 h_m 应大于最小离地间隙 h_{\min} 。由座位高、乘员上身长和头部及头上部空间构成的室内高 h_B 一般为1120~1380mm。车顶造型高度 h_t 在20~40mm的范围内变化。

2. 轴距 L

轴距 L 对整备质量、汽车总长、最小转弯直径、传动轴长度、纵向通过半径等都有影响。当轴距短时，上述各指标减小。此外，轴距还对轴荷分配有影响。轴距过短会使车厢长度不足或后悬过长；上坡或制动时轴荷转移过大，汽车制动性和操纵稳定性变差；车身纵向角振动增大，对平顺性不利；万向节传动轴的夹角增大。

原则上轿车的级别越高、载质量或载客量多的货车或客车轴距取得越长。对机动性要求高的汽车轴距宜取得短些。为了满足市场需要,工厂在标准轴距货车的基础上,生产出了短轴距和长轴距的变型车。不同轴距变型车的轴距变化一般在0.4~0.6m的范围内。

各类汽车的轴距见表1-7。

表 1-7 各类汽车的轴距和轮距

车 型	类 别		轴距 L/mm	轮距 B/mm
轿 车	微型级		2000 ~ 2200	1100 ~ 1380
	普通级		2100 ~ 2540	1150 ~ 1500
	中 级		2500 ~ 2860	1300 ~ 1500
	中高级		2850 ~ 3400	1400 ~ 1580
	高 级		2900 ~ 3900	1560 ~ 1620
4×2 货车	微 型		1700 ~ 2900	1150 ~ 1350
	轻 型		2300 ~ 3600	1300 ~ 1650
	中 型		3600 ~ 5500	1700 ~ 2000
	重 型		4500 ~ 5600	1840 ~ 2000
矿用自卸车	总质量 m_a/t	< 60	3200 ~ 4200	2000 ~ 4000
		> 60	3900 ~ 4800	
大客车	城市大客车 (单车)		4500 ~ 5000	1740 ~ 2050
	长途大客车 (单车)		5000 ~ 6500	

3. 前轮距 B_1 和后轮距 B_2

增大轮距,可使室内宽度增大并有利于增加侧倾刚度。但汽车总宽和总质量的增加,会引起最小转弯直径的变化,并且受汽车总宽不得超过2.5m的限制;轮距一般都不会过大(见表1-7)。

4. 最小转弯直径 D_{\min}

转向盘转至极限位置时,汽车前外转向轮轮辙中心在支承平面上轨迹圆的直径称为最小转弯直径 D_{\min} 。 D_{\min} 用来描述汽车转向机动性,是汽车转向能力和转向安全性能的一项重要指标。

转向轮最大转角,汽车轴距、轮距等对汽车最小转弯直径均有影响。对机动性要求高的汽车, D_{\min} 应小些。各类汽车的最小转弯直径 D_{\min} 见表1-8。

表 1-8 各类汽车的最小转弯直径 D_{\min}

车 型	级 别	D_{\min}/m	车 型	级 别	D_{\min}/m	
轿 车	微型	7 ~ 9.5	货 车	微型	8 ~ 12	
	普通型	8.5 ~ 11		轻型	10 ~ 19	
	中级	9 ~ 12		中型	12 ~ 20	
	高级	11 ~ 14		重型	13 ~ 21	
客 车	微型	10 ~ 13	矿用自卸车	装载质量 m_c/t	< 45	15 ~ 19
	中型	14 ~ 20			> 45	18 ~ 24
	大型	17 ~ 22				

5. 整备质量 m_0

整车整备质量是指车上带有全部装备(包括随车工具、备胎等),加满燃料、水,但没

有装货和载人时的整车质量。

整车整备质量对汽车的成本和使用经济性均有影响。目前,尽可能减小整车整备质量的目的是通过减轻整备质量和增加载质量或载客量,抵消因满足安全标准、排气净化标准和噪声标准所带来的整备质量的增加。节约燃料、减小整车整备质量的措施主要有:采用强度足够的轻质材料;新设计的车型应使其结构更合理。

目前一般轿车和客车的人均整备质量见表 1-9。

表 1-9 轿车和客车人均整备质量

车 型	人均整备质量/(t·人 ⁻¹)	车 型	人均整备质量/(t·人 ⁻¹)
微型轿车	0.15~0.16	中高级以上轿车	0.29~0.34
普通级轿车	0.17~0.24	中型以下客车	0.096~0.16
中级轿车	0.21~0.29	大型客车	0.065~0.13

二、发动机

1. 发动机类型

当前汽车上使用的发动机仍然是以往复式内燃机为主。它分为汽油机、柴油机两类。

与汽油机比较,柴油机具有较好的燃油经济性,使用成本低,它的压缩比可以达到 15~23,而汽油机一般控制在 8~10;柴油机热效率高达 38%,而汽油机仅为 30%;柴油机工作可靠,寿命长,排污量少。

柴油机的主要缺点是:由于提高了压缩比,要求活塞和缸盖的间隙要尽可能小,加工精度比汽油机要求更高;因自燃产生的爆发压力很大,所以要求柴油机各部分的结构强度比汽油机高,使尺寸和质量加大,振动与噪声也增大。

根据发动机气缸排列形式不同,发动机有直列式、水平对置式和 V 形 3 种。气缸直列式排列具有结构简单、宽度窄、布置方便等优点。但当发动机缸数多时,长度尺寸过长,在汽车上布置困难,因此直列式适用于 6 缸以下的发动机。此外,直列式还有高度尺寸大的缺点。

与直列式发动机比较,V 形发动机具有长度尺寸短,因而曲轴刚度得到提高,高度尺寸小,发动机系列多等优点。其主要缺点是用于平头车时,因发动机宽,布置上较为困难,造价高。

水平对置式发动机的主要优点是平衡好,高度低。

V 形发动机主要用于中高级和高级轿车以及重型货车,水平对置式发动机在少量大客车上有所应用。

根据发动机冷却方式不同,又分为水冷式发动机与风冷式发动机两种。大部分汽车采用水冷式发动机,因为它具有冷却均匀可靠、散热良好、噪声小和能解决车内供暖问题的优点。水冷式发动机的主要缺点是:冷却系结构复杂,使用与维修不方便,冷却性能受环境温度影响较大。

2. 布置形式

轿车的布置形式主要有发动机前置前轮驱动 (FF) 发动机前置后轮驱动 (FR)、发动机后置后轮驱动 (RR) 3 种,见图 1-1,少数轿车采用发动机前置全轮驱动。

(1) 发动机前置前轮驱动 (FF) 这种布置形式目前在中级及其以下级别轿车上得到广

泛应用，主要是因为有下列优点：与后轮驱动的汽车比较，前轮驱动汽车的前桥轴荷大，有明显的不足转向性能；因为前轮是驱动轮，所以越过障碍的能力高；主减速器与变速器装在一个壳体内，因而动力总成结构紧凑；因为没有传动轴，车内地板凸包高度可以降低；散热器布置在汽车前部，散热条件好，发动机能够得到足够的冷却；因为发动机、离合器、变速器与驾驶员的位置近，所以操纵机构简单；发动机可以采用纵置或横置方案，特别是采用横置发动机时，能缩短汽车的总长，加上取消了传动轴等因素的影响，汽车消耗的材料明显减少，使整备质量减小。

发动机前置前轮驱动轿车的主要缺点是：前轮驱动并转向需要采用等速万向节，其结构和制造工艺均复杂；前轴负荷较后轴重，并且前轮又是转向轮，故前轮工作条件恶劣，轮胎寿命短；上坡行驶时因驱动轮上附着力减小，汽车爬坡能力降低；一旦发生正面碰撞事故，因发动机及其附件损失较大，维修费用高。

(2) 发动机前置后轮驱动 (FR) 这种布置形式有如下主要优点：轴荷分配合理，因而有利于提高轮胎的使用寿命；前轮不驱动，因而不需要采用等速万向节，这有利于减少制造成本；操纵机构简单；发动机冷却条件好；上坡行驶时，因驱动轮上的附着力增大，故爬坡能力强。

发动机前置后轮驱动轿车的主要缺点是：因为车身地板下有传动轴，所以地板上有凸起的通道，并使后排座椅中部座垫的厚度减薄，影响了乘坐舒适性；汽车正面与其他物体发生碰撞时，易导致发动机进入车厢，会使前排乘员受到严重伤害；汽车的总长较长，整车整备质量增大，同时影响汽车的燃油经济性和动力性。

发动机前置后轮驱动轿车因车厢较长，乘坐空间宽敞，行驶平稳，故在中高级和高级轿车上得到应用。

(3) 发动机后置后轮驱动 (RR) 这种布置形式目前在轿车上几乎已不采用，主要是因为存在下述缺点：后桥负荷重，使汽车具有过多转向的倾向；前轮附着力小，高速行驶时转向不稳定，影响操纵稳定性；行李箱在前部，受转向轮转向时要占据一定空间和改善驾驶员视野的影响，行李箱空间不够大；因动力总成在后部，距驾驶员较远，所以操纵机构复杂。

三、变速器

1. 类型

(1) 手动换挡变速器 手动换挡变速器的基本部件有：

- 1) 单片或多片式离合器用来切断或连接动力传递，在操纵力大时可采用助力器。
- 2) 可变速比的齿轮变速器，它的特点是将常啮合齿轮装在一个或分装在几个独立的

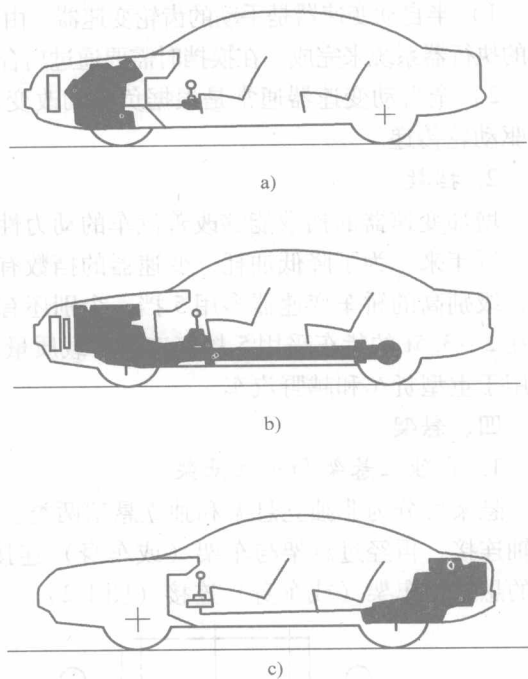


图 1-1 轿车的布置形式

a) 发动机前置前轮驱动 b) 发动机前置
后轮驱动 c) 发动机后置后轮驱动

总成中。

3) 带变速杆的换挡机构。

(2) 自动变速器 自动变速器依其在汽车上传递动力的作用可分为两大类：

1) 半自动变速器是手动的齿轮变速器，由驾驶员完成的所有操作在换挡过程中均由电子控制的执行器系统来完成。在换挡时需要通过离合器的分离、接合对驱动轮的动力进行传递。

2) 全自动变速器通常是根据负荷的改变，自动实现变速，在换挡过程中动力仍连续地向驱动轮传递。

2. 挡数

增加变速器的挡数能够改善汽车的动力性和经济性。

近年来，为了降低油耗，变速器的挡数有增加的趋势。目前，轿车一般用4~5挡变速器，级别高的轿车变速器多用5挡，个别还有6挡。货车变速器采用4~5挡或多挡。载质量在2~3.5t的货车采用5挡变速器，载质量在4~8t的货车采用6挡变速器。多挡变速器多用于重型货车和越野汽车。

四、悬架

1. 非独立悬架和独立悬架

悬架可分为非独立悬架和独立悬架两类。非独立悬架的结构特点是左、右车轮用一根整体轴连接，再经过悬架与车架（或车身）连接。独立悬架的结构特点是左、右车轮通过各自的悬架与车架（或车身）连接（图1-2）。

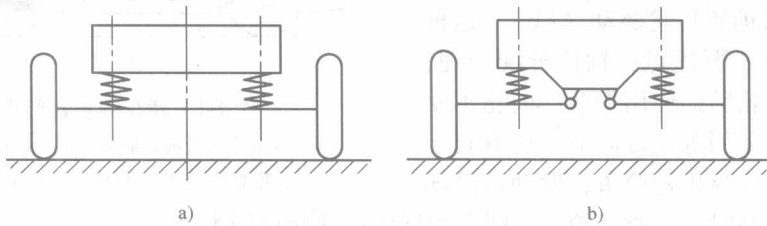


图 1-2 悬架的结构形式简图

a) 非独立悬架 b) 独立悬架

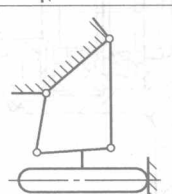
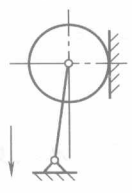
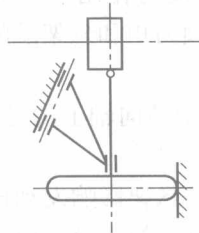
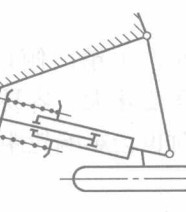
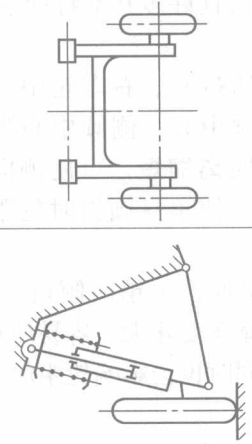
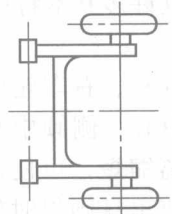
以纵置钢板弹簧为弹性元件兼作导向装置的非独立悬架，其主要优点是结构简单，制造容易，维修方便，工作可靠。缺点是由于整车布置上的限制，钢板弹簧不可能有足够的长度（特别是前悬架），使之刚度较大，所以汽车平顺性较差；簧下质量大；在不平路面上行驶时，左、右车轮相互影响，并使车轴（桥）和车身倾斜。

独立悬架的优点是：簧下质量小；悬架占用的空间小；弹性元件只承受垂直力，所以可以用刚度小的弹簧，使车身振动频率降低，改善了汽车行驶平顺性；由于有可能降低发动机的位置高度，使整车的质心高度下降，又改善了汽车的行驶稳定性；左、右车轮各自独立运动互不影响，可减少车身的倾斜和振动，同时在起伏的路面上能获得良好的地面附着能力。独立悬架的缺点是结构复杂，成本较高，维修困难。这种悬架主要用于轿车和部分轻型货车、客车及越野车上。

2. 独立悬架结构形式分析

独立悬架又分为双横臂式、单横臂式、双纵臂式、单纵臂式、单斜臂式、麦弗逊式和扭转梁随动臂式（半独立悬架）等几种，见表1-10。

表 1-10 不同形式悬架的特点

导向机构形式	双横臂式	单横臂式	单纵臂式	单斜臂式	麦弗逊式	扭转梁随动臂式 ^①
结构示意图						
特性	<p>侧倾中心高度 比较低</p> <p>车轮外倾角与主销内倾角均有变化</p> <p>变化小,故轮胎磨损速度缓慢</p> <p>较小,需要用横向稳定器</p> <p>横向刚度大</p>	<p>比较高(特别是图 a 所示结构)</p> <p>车轮外倾角与主销内倾角变化大</p> <p>变化大,故轮胎磨损速度快</p> <p>较大,可不装横向稳定器</p> <p>横向刚度小</p>	<p>比较低</p> <p>主销后倾角变化大</p> <p>不变</p> <p>较小,需要用横向稳定器</p> <p>横向刚度小</p>	<p>居单横臂式和单纵臂式之间</p> <p>有变化</p> <p>变化不大</p> <p>居单横臂式和单纵臂式之间</p> <p>横向刚度较小</p>	<p>比较高</p> <p>变化小</p> <p>变化很小</p> <p>较大,可不装横向稳定器</p> <p>横向刚度大</p>	<p>比较低</p> <p>左、右轮同时跳动时不变</p> <p>不变</p>
占用的空间尺寸	占用的空间较多	占用的空间较少	几乎不占用高度空间	占用的空间小	占用的空间小	结构简单,用于发动机前置前轮驱动轿车的后悬架
其他	结构稍复杂,前悬架用得较多	结构简单、成本低,前悬架上用得少	结构简单、成本低	结构简单、紧凑,轿车上用得较多		

① 国内也有人将此悬架称为半独立悬架。

对于不同结构形式的独立悬架，不仅结构特点不同，而且许多基本特性也有较大区别，评价时常从以下几个方面进行：

(1) 侧倾中心高度 汽车在侧向力作用下，车身在通过左、右车轮中心的横向垂直平面内发生侧倾时，相对于地面的瞬时转动中心称为侧倾中心。侧倾中心到地面的距离称为侧倾中心高度。侧倾中心位置高，它到车身质心的距离缩短，可使侧向力臂及侧倾力矩小些，车身的侧倾角也会减小。但侧倾中心过高，会使车身倾斜时轮距变化大，加速轮胎的磨损。

(2) 车轮定位参数的变化 车轮相对车身上、下跳动时，主销内倾角、主销后倾角、车轮外倾角及车轮前束等定位参数会发生变化。若主销后倾角变化大，容易使转向轮产生摆振；若车轮外倾角变化大，会影响汽车直线行驶稳定性，同时也会影响轮距的变化和轮胎的磨损速度。

(3) 悬架侧倾角刚度 当汽车作稳态圆周行驶时，在侧向力作用下，车厢绕侧倾轴线转动，并将此转动角度称之为车厢侧倾角。车厢侧倾角与侧倾力矩和悬架总的侧倾角刚度大小有关，并影响汽车的操纵稳定性和平顺性。

(4) 横向刚度 悬架的横向刚度影响操纵稳定性。若用于转向轴上的悬架横向刚度小，则容易造成转向轮发生摆振现象。

不同形式的悬架占用的空间尺寸不同，占用横向尺寸大的悬架影响发动机的布置和增加从车上拆装发动机的困难程度；占用高度空间小的悬架则使行李箱宽敞，而且底部平整，布置油箱容易。因此，悬架占用的空间尺寸也用来作为评价指标之一。

五、转向系

1. 转向器的类型

转向器必须具有下述品质：在直线行驶时没有晃动；低摩擦，从而具有高效率；高刚性；可调整性。

由于这些原因，当今只有两种类型的转向器能达到要求。

(1) 齿轮齿条式转向器（图 1-3） 齿轮齿条式转向器主要由一根齿条和一个小齿轮所组成，其转向传动比由小齿轮的转数（等于转向盘的转数）与齿条相应行程的比值来确定。齿条采用适当的齿形可以使传动比在整个行程中是变化的，这样可以减小为修正转向所需要的作用力或行程。

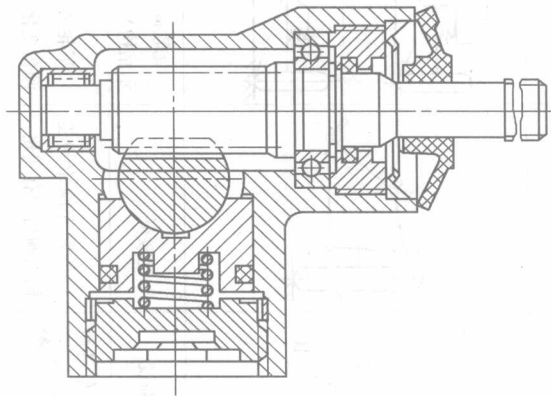


图 1-3 齿轮齿条式转向器

(2) 循环球式转向器（图 1-4） 在此种转向器内，转向螺杆与螺母之间的作用力是通过一串低摩擦的循环钢球来传递的，转向螺母通过齿轮啮合到转向摇臂轴上，这种转向器是可变传动比的。