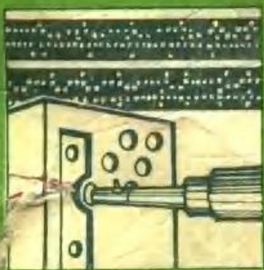


高等学校试用教材



# 汽车设计

吉林工业大学汽车教研室 编



机械工业出版社

高等学校试用教材

# 汽车设计

吉林工业大学汽车教研室 编



机械工业出版社

## 汽车设计

吉林工业大学汽车教研室

\*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{16}$  · 印张 33 · 字数 811 千字

1981 年 7 月北京第一版·1981 年 7 月北京第一次印刷

印数 0,001—8,800 · 定价 3.40 元

\*

统一书号: 15033·4897

## 前 言

本书是根据1978年4月在天津召开的高等学校一机部对口专业座谈会精神和1978年6月在镇江召开的汽车、拖拉机、农机专业教材会议制订的“汽车设计”教材编写大纲编写的。

本书在编写中力求用辩证唯物主义的观点来阐明汽车设计中的内在矛盾和规律，努力反映现代汽车设计中的先进技术和新的研究成果，并贯彻“洋为中用”和理论联系实际的原则。

本书讲述汽车总体和各总成的设计原理、结构分析和主要参数的选择，汽车主要总成的设计特点和发展趋势。

在书中采用了一些新的设计计算方法，介绍了新的试验研究成果和加强了同基础理论的联系。

本书由吉林工业大学汽车教研室编写，主编为张洪欣同志，参加编写者为下列同志：张洪欣（绪论，第八章，第九章§3、5、6、7、8、9、10），杨庆甲（第一章），葛安林（第二章§1、2、3），冯振东（第二章§4，第三章，第六章），马玉民（第四章），吴锦秋（第五章，第七章），陈家瑞（第九章§1、2、4，第十一章），黄天泽（第十章），王望予（第十二章），吴植民（第十三章）。在考虑本书体系和起草编写大纲方面，杨庆甲同志做了许多工作。

本书绪论、第一章至第七章由安徽工学院汽车教研室姚铁成同志等主审，第八章至第十三章由湖南大学汽车教研室柏伟武、秦德申、李尔昌、郭正康等同志主审。参加审稿的还有清华大学、镇江农机学院、武汉工学院、华南工学院、重庆大学、河北工学院、南京汽车厂等单位的代表。参加审稿的同志对本书进行了详细审阅，并提出了宝贵意见。本书在编写过程中还得到长春第一汽车厂、第二汽车厂、长春汽车研究所、重庆重型汽车研究所及有关厂、所的大力支持和帮助。编者在此表示衷心的感谢。

本书可作为高等院校汽车专业“汽车设计”课程的教材，也可作为其他有关专业的教学参考书，并可供有关的工程技术人员参考。

由于本书编写时间仓促，编者水平有限，书中难免有错漏之处，诚恳地欢迎使用本书的师生及广大读者批评指教，以便再版时订正。

主销内倾角	$\beta$ rad或°	弹簧中心距	$B_s$	m
车身侧倾角	$\Phi$ rad或°	最小离地间隙	$h_{min}$	m
前轮侧偏角	$\delta_1$ rad或°	路面附着系数	$\varphi$	
后轮侧偏角	$\delta_2$ rad或°	同步附着系数	$\varphi_0$	
发动机功率	$P_e$ PS	滚动阻力系数	$f$	
发动机扭矩	$M_e$ N·m	坡度阻力系数	$i$	
离合器扭矩	$M_c$ N·m	道路阻力系数	$\Psi$	
制动器对车轮的制动力矩	$M_{\mu}$ N·m	汽车重量利用系数	$\eta_G$	
转向阻力矩	$M_r$ N·m	汽车自重利用系数	$\eta_{G0}$	
滚动阻力矩	$M_f$ N·m	发动机效率	$\eta_e$	
轮胎自由半径	$r_0$ m	传动系效率	$\eta_T$	
轮胎静力半径	$r_s$ m	动力因数	$D$	
轮胎滚动半径	$r_r$ m	离合器后备系数	$\beta$	
轮胎动力半径	$r_d$ m	前轴重量转移系数	$m_1$	
轮胎有效半径	$r_e$ m	后轴重量转移系数	$m_2$	
最小转弯半径	$R_{min}$ m	制动器效能因素	$K_B$	
汽车转弯半径	$R_0$ m	相对有效耗油率	$b$	
纵向通过半径	$\rho$ m	悬架垂直刚度	$C$	N/mm
整车长度	$L_a$ m	悬架侧倾角刚度	$C_\theta$	N·m/rad
整车宽度	$B_a$ m	轮胎侧偏刚度	$C_\alpha$	N/rad
整车高度	$H_a$ m	主传动比	$i_0$	
轴距	$L$ m	变速器传动比(总称)	$i_g$	
汽车重心至前轴距离	$L_1$ m	转向系角传动比	$i_{\omega\omega}$	
汽车重心至后轴距离	$L_2$ m	转向器角传动比	$i_\omega$	
前悬	$L_F$ m	转向传动装置角传动比	$i_\omega$	
后悬	$L_R$ m	车轮转臂	$a$	mm
前轮距	$B_1$ m	燃料比油耗	$g_e$	g/PS·h
后轮距	$B_2$ m	拉压弹性模量	$E$	N/mm <sup>2</sup>
汽车重心高	$h_g$ m	剪切弹性模量	$G$	N/mm <sup>2</sup>
汽车侧倾中心高	$h_o$ m			

# 目 次

## 常用符号说明

## 绪论 ..... 1

一、汽车设计的特点和要求 ..... 1

二、汽车设计技术的发展 ..... 2

## 第一篇 汽车的总体设计

### 第一章 汽车的总体设计 ..... 7

§ 1-1 概述 ..... 7

§ 1-2 汽车总体设计的一般顺序 ..... 8

§ 1-3 汽车型式的选择 ..... 13

§ 1-4 汽车主要尺寸和参数的选择 ..... 18

§ 1-5 汽车发动机的选型 ..... 30

§ 1-6 轮胎的选择 ..... 35

§ 1-7 汽车总布置草图设计 ..... 36

§ 1-8 运动校核 ..... 42

§ 1-9 汽车性能的预测和计算机模拟

概述 ..... 47

## 第二篇 汽车的传动系

### 第二章 传动系型式与传动系载荷 ..... 53

§ 2-1 传动系的任务 ..... 53

§ 2-2 传动系的类型和分析 ..... 56

§ 2-3 传动系与整车驱动型式的关系 ..... 60

§ 2-4 传动系的载荷 ..... 66

### 第三章 离合器设计 ..... 80

§ 3-1 概述 ..... 80

§ 3-2 离合器的接合过程 ..... 80

§ 3-3 离合器的结构选择 ..... 82

§ 3-4 离合器基本参数和主要尺寸的选择 ..... 91

§ 3-5 压紧弹簧的设计 ..... 92

§ 3-6 扭转减振器主要参数的选择 ..... 98

§ 3-7 离合器操纵机构的设计 ..... 100

§ 3-8 自动离合器在汽车上的应用 ..... 102

### 第四章 机械式变速器设计和分动器设计 ..... 106

§ 4-1 变速器的功用和要求 ..... 106

§ 4-2 变速器结构方案的确定 ..... 106

§ 4-3 变速器主要参数的选择 ..... 115

§ 4-4 主要零件的设计 ..... 120

§ 4-5 同步器 ..... 126

§ 4-6 副变速器和分动器 ..... 133

§ 4-7 机械变速器操纵机构的设计 ..... 137

### 第五章 液力机械变速器设计 ..... 142

§ 5-1 概述 ..... 142

§ 5-2 液力偶合器 ..... 142

§ 5-3 液力变矩器 ..... 145

§ 5-4 机械变速器 ..... 167

§ 5-5 液力机械变速器的操纵 ..... 172

### 第六章 万向节传动装置 ..... 178

§ 6-1 概述 ..... 178

§ 6-2 万向节传动的运动分析和受力分析 ..... 179

§ 6-3 万向节设计 ..... 184

§ 6-4 传动轴的临界转速及其主要尺寸的确定 ..... 190

§ 6-5 中间支承 ..... 192

§ 6-6 万向节传动装置的平衡 ..... 193

### 第七章 驱动轴设计 ..... 195

§ 7-1 概述 ..... 195

§ 7-2 驱动轴型式及选择 ..... 195

§ 7-3 主减速器设计 ..... 196

§ 7-4 差速器设计 ..... 221

§ 7-5 半轴设计 ..... 230

§ 7-6 驱动轴壳设计 ..... 233

## 第三篇 汽车的行驶系

### 第八章 行驶系概述和行驶系载荷 ..... 238

§ 8-1 行驶系概述 ..... 238

§ 8-2 汽车行驶系的载荷 ..... 241

### 第九章 悬架设计 ..... 268

§ 9-1 概述 ..... 268

§ 9-2 悬架的结构型式选择及发展概况 .....	273
§ 9-3 悬架主要参数的确定 .....	279
§ 9-4 汽车钢板弹簧的设计 .....	287
§ 9-5 扭杆悬架设计 .....	303
§ 9-6 空气悬架设计 .....	308
§ 9-7 油气弹簧设计 .....	311
§ 9-8 独立悬架导向机构的设计 .....	315
§ 9-9 减振器的类型和主要参数的选择 .....	326
§ 9-10 横向稳定杆的设计 .....	332
<b>第十章 车架和车身设计 .....</b>	<b>335</b>
§ 10-1 概述 .....	335
§ 10-2 车架的结构型式 .....	335
§ 10-3 车架受力情况的分析 .....	337
§ 10-4 车架的设计和计算 .....	337
§ 10-5 车架的扭转刚度 .....	343
§ 10-6 车架计算的有限元法 .....	344
§ 10-7 车身设计的特点和传统设计方法 .....	351
§ 10-8 车身结构型式的选择 .....	358
§ 10-9 车身总布置设计 .....	361
§ 10-10 车身的外形和空气动力特性 .....	379
§ 10-11 车身的计算机辅助设计 .....	382

<b>第十一章 车轮 .....</b>	<b>386</b>
§ 11-1 概述 .....	386
§ 11-2 轮胎 .....	388
§ 11-3 轮辋和轮辐 .....	399

#### 第四篇 汽车的转向系与制动系

<b>第十二章 转向系设计 .....</b>	<b>404</b>
§ 12-1 概述 .....	404
§ 12-2 转向系的主要性能参数 .....	404
§ 12-3 转向机构的理论 .....	413
§ 12-4 转向梯形机构的设计 .....	421
§ 12-5 转向器、方向盘、转向轴结构型式及选择 .....	425
§ 12-6 循环球式转向器的设计 .....	428
§ 12-7 动力转向的设计 .....	437
§ 12-8 转向传动机构元件 .....	442
<b>第十三章 制动系设计 .....</b>	<b>451</b>
§ 13-1 对制动系的要求 .....	451
§ 13-2 制动力的合理分配及制动力调节装置 .....	453
§ 13-3 制动驱动机构 .....	471
§ 13-4 制动器 .....	489

#### 主要参考文献

### 常用符号说明

汽车总重	$G_a$	kN	驱动力(牵引力)	$F_t$	N
汽车自重	$G_0$	kN	滚动阻力	$F_f$	N
汽车载重	$G_e$	kN	空气阻力	$F_w$	N
前轴静重	$G_1$	N	坡度阻力	$F_i$	N
后轴静重	$G_2$	N	惯性力	$F_j$	N
乘客重量	$G_p$	N	制动力	$F_b$	N
簧载重量(悬挂重量)	$G_s$	N	制动周缘力	$F_{\mu}$	N
非簧载重量(非悬挂重量)	$G_u$	N	附着力	$F_q$	N
行李重量	$G_l$	N	汽车车速	$v_a$	km/h
前轮上的地面垂直反力	$Z_1$	N		$v$	m/s
后轮上的地面垂直反力	$Z_2$	N	临界车速	$v_{cr}$	km/h
前轮上的地面纵向力	$X_1$	N	发动机角速度	$\omega_e$	rad/s
后轮上的地面纵向力	$X_2$	N	发动机转数	$n_e$	r/min
前轮上的地面侧向力	$Y_1$	N	车轮外倾角	$\alpha$	rad或°
后轮上的地面侧向力	$Y_2$	N	主销后倾角	$\gamma$	rad或°

# 绪 论

## 一、汽车设计的特点和要求

自十九世纪末期出现第一辆汽车以来,汽车工业经历了九十多年的发展过程。由于社会需求的不断增长和科学技术发展的推动,汽车设计日臻精巧,其运输生产率和各项性能都有很大的提高。因此,现代汽车已成为世界各国国民经济和社会生活中不可缺少的一种运输工具。汽车工业的规模和其产品的质量也成为衡量一个国家技术水平的重要标志之一。

五十年代以来,由于高速公路的发展,促使汽车的运输能力和载货量逐渐加大。目前,国外公路用牵引半挂式汽车的总重可达 400kN,车速可达100km/h 以上,每年平均行驶里程约 15万km。在日本的货运量中,据1976年统计,汽车运量占74%,在那里,汽车已成为一种主要的陆上运输工具。六十年代以来,载货汽车向大型化发展,使汽车在矿山、钢铁、建筑、石油开发等部门运输量的比重也逐步上升,各国还采用变型和集装箱运输方式来扩大汽车的用途和降低汽车运输成本。在农业生产过程中,汽车运输也占有很重要的地位。由此可见,汽车已渗透到国民经济的各个部门中了,而在一些国家中,除载货汽车外,每年还要生产几百万辆供私人用的各种型号的轿车(在有些国家内轿车产量占整个汽车产量的80%)。车主用以上下班、采购、旅游时代步之用,使汽车与人民的日常生活建立了密切的联系。正是由于汽车的功能日益扩大,所以六十年代以来,汽车产量及流通量激增(据七十年代初统计,全世界汽车年产量达3000万辆,保有量达一亿辆以上),汽车作为陆上运输工具在社会上的地位更为突出。但是,它也给社会带来许多新问题,在汽车保有量多的国家中,车流密度大,车速高,造成交通拥挤,事故频繁,废气和噪声污染环境等严重公害,如美国近几年每年汽车交通事故约造成 5 万人死亡,200万人受伤,经济损失 200 亿美元以上。汽车排出大量废气,污染环境,在日本曾因此发生严重的光化学烟雾中毒事件,使近万人中毒,数百人死亡。这些都严重地影响了社会的治安和人民的生活。所以许多国家的政府不得不制定了各种法规来加以防治,并对汽车设计提出越来越高的要求。

综上所述,今天的汽车,其作用不仅深入到国民经济的各个部门,还与社会和人民生息息相关,所以在汽车设计时,必须考虑到这些因素而形成自己的特点。

与其他机械产品相比较,汽车设计的特殊性在于汽车的使用条件复杂、产量大,变型多。

首先,汽车的工作环境和条件多变,同一辆汽车在各种地区所面临的使用条件,如道路、气候、维修能力和燃料供应等就有很大的不同,以我国为例,南北之间跨纬度很大,南部进入热带,北部接近寒带,因此南北温差悬殊;在辽阔的国土上,地形十分复杂,西部有雄伟的高原,东部为广阔的平原和起伏的丘陵,西南多山地,各种地形互相交错。不同的气候、地理条件对汽车的结构、材料和汽车设计有特殊的要求,例如高原地区要求发动机增压,寒冷地区要考虑冷起动,热带地方希望驾驶室有良好的通风和隔热设备等。因此,汽车设计人员一定要仔细调查研究汽车的各种使用条件,精心设计,才能找出合理的方案,使汽车能对复杂的使用条件有良好的适应性,并保证可靠地工作。这是对汽车设计的第一个要求。



大多数汽车是以大量生产或大批生产为主，由于汽车产量大，品种型式多，所以设计中必须作详细的技术经济分析，尽可能采用部件专业化生产和实行“三化”以达到简化生产、提高生产率和产品质量，降低成本的目的。所谓“三化”即指产品系列化，零部件通用化和零件设计的标准化而言，它在国外设计中得到广泛采用。国外的汽车生产常由各专业化工厂分担各种零部件生产，然后由汽车厂加以选用和进行总装。各专业厂为了供应各种型号汽车所需的部件，又能进行大量生产，常把产品合理分档，组成系列，并考虑各种变型，如发动机可按缸数分为4缸、6缸，或V6缸、V8缸，自然吸气、增压、增压中冷等几个品种。这样就可以较少的基本型满足广泛的需要。

产品系列化给部件通用化创造了条件，所谓通用化就是在车重相近或同一系列的一些车型上，尽可能采用同样结构和尺寸的部件。例如，在原来双轴汽车的基础上加一根轴变成三轴汽车。由于部件通用化的结果，不同车型上的部件类型大为减少，可降低制造成本，提高工效，简化维修。当然不同车型通用同一部件必须合理，如果载重相差很大，产量又大，勉强通用，则或是经济上不合理，或是达不到性能要求，必须另行设计。

零件的标准化对汽车大量生产也很重要。在设计中广泛采用标准件、有利于通用化和系列化，便于组织生产，提高质量，降低造价和方便维修。

国内外实践表明，由于采用“三化”，汽车工业会得到很大的经济收益，所以设计中应该把考虑“三化”和便利生产视为另一项重要的要求。

鉴于汽车在使用中要消耗很多物质，所以形成了汽车设计的又一新的要求，即对汽车的使用经济性应给予充分的重视。

汽车在使用中要消耗大量燃料、润滑油、轮胎和维修配件等。客、货运汽车的使用费用相当惊人，例如，在我国中型公路运输企业，汽车行驶1.5万公里的营运费用即相当于汽车的全部制造成本，国外情况与此类似，因此在设计中，应注意提高汽车的燃料经济性、减轻自重、减少维修与保养的工作量以及延长大修里程等。

此外，汽车设计还应考虑到汽车与社会和人民生活有密切联系这一特点，数量众多的汽车在社会上流通，其车身外形对市容有很大的影响。因此要求车身外形和色彩设计能够与民族的风格，人民的爱好，城市的面貌相协调。设计中还要考虑各种安全装置，以减少交通事故；还应有净化装置和隔振措施以便减少废气和噪声对环境的污染。所以设计汽车还要从政府法规、人体工程、工艺美术等方面加以仔细地考虑，这是与其他机械产品很不同的一点特殊要求。

综上所述，汽车设计涉及到多种影响因素和不同的专业学科，是一项重要而又复杂的工作。设计中考虑欠周就会造成制造上的困难或功能上的缺陷，而带来巨大的经济损失，所以对设计技术必须精益求精，不断完善，以便创造更多的优质低耗的汽车来满足日益增长的国民经济的需要。

## 二、汽车设计技术的发展

几十年来，汽车设计方法已由经验设计逐步发展到应用基础理论和电子计算技术相结合的理论计算新阶段。虽然由于影响汽车质量的因素很多，还很难精确和全面地在设计阶段预测，设计的产品还需要通过一些试验加以验证，但由于采用了先进的设计技术和试验方法，因而大大缩短了设计周期，提高了设计质量。

所谓经验设计，即产品的设计是以生产技术经验数据为依据，运用一些附有经验常数的

计算公式为主要方法，这样的设计没有建立在严密的科学基础上。为了强调零件的可靠性，往往在设计中使安全系数取得偏大，结果虽然安全，却增加了所设计零件的重量。设计过程中，也进行一些试验，但偏重于试验整车的综合性能，对零部件性能掌握甚少，因而使整车试验的结果分析不易深入，对试验中出现的许多异常现象和结果也不很理解，对汽车在临界、瞬变和动态下的性能研究也不够充分，并且当时所用试验设备陈旧，测试技术水平不高，所以，一辆新车从设计到完全投产需要较长周期，图纸要经过多次修改才能定型（首次设计的资料图纸的可利用率不到50%），设计质量低，材料消耗大。

随着测试技术的提高，汽车设计由经验设计发展到以科学实验和技术分析为基础的设计阶段，这一阶段的特点是采用新的测试技术（如模拟技术，物理模型试验等），加强产品的科学实验，增设了各种专用试验台，在新产品技术设计前进行了燃烧系统、热循环、冷起动、应力应变、弹性疲劳、振动等试验，从各个侧面对产品结构和零部件的性能、强度进行测试，同时广泛采用近代数学物理分析方法，对产品的结构从材料力学、弹性力学、理论力学、热工学等角度进行全面的分析研究，这就使产品的设计建立在一定的科学基础上，比原有的经验设计方法有所提高和改进。

电子计算机的出现使汽车设计方法有了新的飞跃，设计过程彻底改观，使设计逐步走向新阶段——自动化（即所谓机助设计）阶段。

电子计算机应用于汽车设计也经历了几个发展阶段。

在初级阶段，电子计算机主要是协助技术人员进行工程计算和技术分析。所谓技术分析，即以规定的技术参数计算产品性能和分析结构中的问题，其工作流程大致如下：

物理过程 → 数学模型 → 近似计算公式 → 用程序设计语言编制源程序 → 计算机自动计算 → 计算结果输出 → 分析结果。

这样就使技术人员能在设计阶段通过计算较确切地预测汽车的使用性能。

例如，随着汽车的高速化，汽车行驶稳定性日益显得重要，过去采用人工计算时，就无法准确估价汽车这一重要性能，因为在计算中作了过于简化的假设，如把汽车这样多自由度的振动系统（至少7个自由度）简化成2~3个自由度系统，把侧向力、侧向加速度都假设得很小，这样的计算和实际很不相符。采用电子计算机后，可以用较准确的多自由度的数学模型来模拟汽车的运动，采用先进的数学方法进行分析，因而取得较准确的结果，而且计算速度很快，1000多种工况，3万多数据，只用1.5小时就能完成，这就为设计人员分析多种方案提供了很大的方便。

后来，逐步发展了一种利用电子计算机的逻辑分析能力，在各种设计参数或设计方案中进行选择，最后得到符合性能要求的最佳方案的程序，使设计达到最优化。计算机的这一应用已在生产中取得显著效果，例如美国寇明斯发动机公司设计载货汽车的新型柴油机时，有八个方案可供选择，本来根据以往设计经验的分析，想采用传统的V型八缸结构，只是要对其性能、油耗等加以研究改进。当采用电子计算机对八个方案作适用性的全面计算分析后，证明直列六缸新结构是最先进合理的，结果采用了后者。

进入七十年代以来，电子计算机又有了新的发展，不仅在计算速度和容量方面有很大提高和扩大，而且在外围设备和人机联系上有很大进展，如果配以光笔、图象显示装置、感应板等硬设备和人机对话语言，则可以把计算机的快速计算和逻辑判断能力、高效的数据处理（包括贮存）能力与人的创造性思维能力充分结合起来，使设计过程逐步由半自动化走向自

动化。此时的设计过程就是由电子计算机对有关产品的大量资料进行检索；对有关数据和公式进行高速计算，通过草图和标准图显示设计结果，如果尚有修改之处，可由设计人员用光笔和人机对话语言直接对图形进行修改设计，直至达到最佳方案为止。这样就大大地减轻了设计人员的劳动，缩短了设计周期，提高了设计质量，使设计人员从繁琐的计算、绘图工作中解放出来，有时间从事更多的创造性工作。现在美国通用汽车公司和英国利兰公司已有了这种设计系统。由此可见，采用机助设计系统后确实使整个设计工作的面貌会有彻底的改观，是设计技术的一次飞跃，故其发展前途是非常远大的。

随着电子计算机在汽车设计中的推广，近代数学物理方法在汽车设计分析中的应用也日益广泛。当前，国外汽车设计所用的数学物理分析方法可分为两大类：解析法和数值法。解析法以经典弹性力学和材料力学等原理为基础，只能求解包括少量未知数的数学物理方程，用于简单的结构件如杆、梁、柱以及形状简单的板、壳等，不能解决复杂的问题。因此现代汽车设计的技术分析主要靠电子计算机和数值计算法。其中应用较多的是有限差分法和有限元法。

有限差分法是把描述物理过程的偏微分方程变为近似的差分方程，用算术求解，但此法对结构形状和边界条件复杂者，解题精度有局限性，不如灵活的有限元法有发展前途。

有限元法实际上是古典变分方法的一种变种，它将被分析的结构直接离散化，使用最小位能原理或虚位移原理等力学基本理论，列出计算格式，用电子计算机求解，它不必象差分法那样，先把问题归结为微分方程，然后再离散化，也不必像解析法那样，要在求解过程中使用很多力学和数学技巧，并碰到微分方程积分的困难，因此该法易被广大工程技术人员所掌握和应用。有限元法的适用范围极为广泛，一般说来，凡是对复杂的结构进行应力分析，都可显示出明显的效果，例如汽车车身的结构应力分析，过去是根据设计人员经验和以往原型试验的结果来进行，既费时，又不准确。现在采用有限元法，计算又快又准，西德奔驰公司把轿车车身看作 319 个节点，443 个单元的等价系统，用弹性静力学有限元法程序在电子计算机上计算，只用几个小时就算出车身的载荷和强度，而且比较精确。

在汽车设计中，有限元法除应用于车身、车架外，还可用来对活塞、齿轮、转向节等零部件进行应力分析和解决活塞的热应力问题。当前国外还正在将有限元法推广到振动、弹性稳定问题、非线性问题等许多方面。

近代设计技术发展的另一特点是在设计中越来越多地应用基础理论的新成就，革新设计方法。

以往计算汽车零件的疲劳强度时是以经典的金属疲劳强度理论为基础，这种理论认为：在考虑了应力集中等因素以后，如果金属的应力低于疲劳极限，则其寿命应当是无限的，如果应力高于疲劳极限，则会很快损坏。经验证明实际情况并非如此，而且这种理论主要是以等幅应力为前提，而在实际的使用条件下，应力的变化带有随机性质，很少有等幅应力的情况，因而用这种理论来计算零件寿命是不精确的。因此在 1945 年曼纳提出了一种新的理论——累积疲劳损伤理论，这种理论从零件承受不同幅度的交变应力的实际情况出发，认为当零件每承受一次应力，就发生一定程度的损伤，不同应力造成的损伤是不同的，这些损伤量可以叠加，当它们逐渐累积到与零件一定寿命相当的限量时，零件即告损坏。这个理论使我们对于汽车零部件的寿命有进行较精确计算的可能，所以根据这一理论发展成为有限寿命设计方法。这种方法的主要优点是在设计阶段就能精确预测零件寿命。因而有可能根据预定的

寿命合理地解决零件强度和重量之间的矛盾，设计出轻而坚实的零件，所以这一方法在国外汽车设计中得到广泛应用。

随着汽车的高速化和自重的减轻，振动问题日益突出，用古典振动力学已无法精确分析汽车振动及其对汽车性能和载荷的影响，近年来，由线性系统理论和随机过程理论结合而发展的随机振动理论为解决上述问题提供了强有力的工具，使振动分析精确度大为提高，以致对汽车行驶中的振动特性在设计阶段就能计算出来而无需通过样车试验，英国利兰公司运用随机振动理论对铰接车行驶性能分析所得的结果充分地证明了这一点。

车辆与土壤间力学关系的理论研究使越野汽车的设计建立在较科学的基础上。

五十年代初期，美国培克提出了“车辆-土壤系统”概念，创立了越野汽车的陆上行驶理论，根据这一理论，可对车辆的行驶情况及行走系的特性进行推理计算，其中有的已经为试验结果所证实。在我国正在开展《地面力学》的研究，其目标之一也是为越野车设计提供新的理论依据。

汽车部件的自动调节和自动操纵是汽车设计发展方向之一。已经设计和正在设计一些这样的部件，如制动器防抱装置、制动力自动调节装置、自动调节悬架（亦称主动式悬架）、自动换档装置等等。在这些设计中需要应用更多的现代基础理论，如控制论、模拟理论、伺服设计系统理论、最佳系统控制论等。由此可见，随着汽车设计的发展，应用基础理论的新成果日益增多，在基础理论的直接指导下，汽车设计的科学性和准确性正在不断提高。所以在许多国家的汽车科研工作中，已把基础理论的研究放在显著的地位。

汽车设计技术发展的另一个重要方面就是测试技术的现代化。

汽车是性能要求高、负荷变化大的一种机械产品，它的性能和负荷随车速、道路、承载等情况而变化。在设计阶段，为了给新车设计提供准确的依据，往往需要用试验方法来测定这些瞬息即变的各种参数；通过测试还可以对产品的质量进行检查和评价，所以汽车试验是汽车设计的重要工具之一。汽车设计的现代化是和测试技术的发展和现代化分不开的。

在四十年代到五十年代初期，一般采用应变规和相应的示波记录装置进行测试。这种仪器的缺点是笨重，难于对大量数据进行处理，一般只能取出其最大值。

五十年代后期至六十年代，出现了晶体管式、集成电路和数字显示式的仪器和仪表，采用了磁带记录装置和电子计算机处理装置，大大提高了汽车的试验工作水平。同时，各种传感装置也有一定的发展，如制成了微型应变规，可以贴在应力集中的过渡圆角处，测量应力集中点的实际应力。此外，还出现了半导体式应变规，这种应变规灵敏度高，可以不经放大直接显示或记录；还有可在特殊环境中（腐蚀气体、高温或严寒中）应用的传感器。

激光技术在汽车测试中也得到了应用，主要是把激光-全息摄影技术应用于光弹分析，这样不但能直接测取全部数据，还可以和光电元件、电子计算机结合起来实现实验应力分析的自动化和高速化。

近年来，国外采用道路模拟机、电子液压疲劳试验机等试验设备进行整车和零部件的道路模拟试验，能在较短时间内获得所需的试验结果，应用模拟疲劳试验技术可在室内快速而准确地确定零部件的疲劳寿命，为设计提供可靠的依据。最近发展起来的电子液压振动台，由于其具有精度高、振动力大（4000 N~几百 kN），能产生各种波形（包括随机波形）的振动等特点，因此，它能使真实路面上行驶的汽车所产生的振动在实验室内再现。采用电子液压振动台还可以用来考察汽车的稳定性和模拟车轮侧向力对汽车的干扰等其它工况，以及噪

声与轮胎、悬架、车身对噪声的传递特性。所以电子液压振动台的用途广泛，而且试验效率很高，受到了汽车界的重视。

六十年代以来，国外道路试验技术也有很大发展，各国相继建立了规模宏大的汽车试验场，场内设有模拟各种道路的试验跑道和各种试验措施，可以全面地进行汽车各项性能试验，快速的可靠性试验和耐久性试验，成为最后检查产品设计质量的主要手段。它和过去的道路试验相比较，具有试验安全、试验时间短和相对稳定的道路条件等优点。但汽车试验场的基建工作十分复杂，且耗资巨大，所以随着电子技术在试验工作中的广泛应用，有向室内试验过渡的趋势。

综上所述，经过几十年的发展，汽车设计技术目前正处在一个重要的转折时期。它不仅积累了丰富的经验，而且由于引进近代物理、计算技术和电子技术等新成果，正在创建一种更为科学、更为经济的设计方法——以大量的高速电子数字计算机为得力工具，使设计朝着半自动化和自动化的更高阶段发展。

与此同时，新工艺、新材料也在不断涌现和发展，它们对于设计技术的发展也起了很大的作用。特别是在汽车制造业中引进了电子计算机后，使各种工艺和装配工作的自动化程度日益提高，加工质量和速度有很大的飞跃，出现了计算机辅助制造这样新的生产过程。在国外，应用电子计算机进行生产（企业）管理，使管理过程自动化的企业也日益增多，目前的趋势是在这些自动化的基础上，把计算机辅助设计和计算机辅助制造等结合起来，组成一个系统，实现从设计到加工、装配，并包括管理在内一个全自动化过程。可以预计，随着电子计算机和自动化系统的发展，在不久的将来，由电子计算机及其操纵的机器、设备组成的系统，将可以代替现在由大量管理人员、技术人员和工人进行的设计、生产和管理工作，而形成全盘（只有极少数管理和技术人员）自动化工厂——一个高生产率、高经济性和高灵活性的生产系统，人们将摆脱繁重而琐碎的重复劳动，而去从事学习、研究和创造。脑力劳动和体力劳动的差别将日益缩小，将会出现一场深远广阔的技术革命，从而使社会的生产进入一个更高的发展阶段。展望未来，我们学习或正在从事汽车设计的同志们，就应该树立雄心壮志，努力掌握现代的先进科学技术，为加速实现人类这一美好远景而奋斗。

# 第一篇 汽车的总体设计

## 第一章 汽车的总体设计

### § 1-1 概 述

汽车总体设计是汽车设计工作中十分重要的一环。汽车使用性能、外廓尺寸、重量、外形和生产成本与总体设计有密切关系。

如所周知，汽车是由许多部件有机组合的整体。汽车性能的好坏不仅取决于各部件性能如何，而且在很大程度上取决于各部件的协调和配合，取决于总布置。如果各部件的型式和参数选择不当或布置得不好，则即使各部件性能很好，整车性能却不一定理想。例如，对一个吨位不大的货车采用了一个功率很大的发动机，则不但其最大功率不能充分利用，而且汽车的耗油量也会大大增加。因此，在汽车设计开始阶段应该有一个很好的总体设计，使整车设计有一个统一的目标、统一的设想和统一的指挥。在各部件（全面）设计阶段，部件与整车之间、部件与部件之间经常会发生各种矛盾，这就需要总体设计人员从整车的技术合理性和全局出发很好地予以协调，与部件设计人员密切合作，找出完善的解决办法。在各部件设计完成后，总体设计人员还要在总布置图上仔细校核，及时发现问题，提出修改意见。所以，总体设计的好坏对汽车的设计质量、汽车性能和产品的生命力有着决定性的影响。

汽车总体设计的主要任务是：

1. 从技术先进性、生产合理性和使用要求出发，正确选择性能指标、重量和主要尺寸，提出整车设想（总体设计方案），为各部件设计提供整车参数和设计要求。
2. 对各部件进行合理布置和运动校核，使汽车不仅有足够的装载容量，而且能做到尺寸紧凑、乘坐舒适、重量轻、重心低、安全可靠、操作轻便、造型美观、视野良好、维修方便、运动协调。
3. 对汽车性能进行精确计算和控制，保证汽车主要性能指标实现。
4. 正确处理整车与部件、部件与部件之间以及设计、使用与制造之间的矛盾，使产品符合好用、好修、好造和好看的原则，在综合指标方面赶上和超过世界先进水平。

在总体设计中，除了考虑基本车型外，还要考虑一系列变型车的性能和尺寸，画出变型车的总布置图，使所选的各部件结构与参数能符合整个系列的需要。

汽车总体设计通常是在产品规划的基础上进行的。国外不少汽车公司都有专门的产品规划部门，负责制订产品长期发展规划、个别车型的发展计划和相应的研究发展规划。产品长期发展规划一般确定五年或七、八年后需要生产的汽车产品系列、现有车型的改进、补充和淘汰等大的方针以及十年设想草案，这是在市场调查和技术经济分析的基础上制定的。而个别车型发展计划则确定新车的设计方针和主要技术经济指标。其中包括汽车的主要用途、级别、型式、主要规格（汽车总长、总宽、总高、重量、主要性能要求等）、主要总成的型式、产品成本、产品售价、计划投资、生产纲领以及从设计到投产的各阶段日程。总体设计人员则根据上述规划所确定的设计方针和主要技术-经济指标进行工作。

## § 1-2 汽车总体设计的一般顺序

根据设计任务的不同,总体设计的工作内容和顺序也有所不同。例如,在重新设计一个车型时,一般需要从整车设想和选择做起;而在现有基础上改进设计时,则不必从头开始,工作内容可大为简化。下面以新车设计为例,说明总体设计的工作内容和一般顺序。

### 一、调查研究和整车设想

总体设计人员在接到上级下达的设计任务后,首先要很好地领会领导部门的意图和新车的设计方针,明确所设计车型的用途、主要技术-经济要求、生产纲领、生产方式和国民经济意义。此外,要了解国家的有关方针政策和主管部门对汽车产品系列化的考虑、国内的资源情况以及有关的法则。这些都是总体设计的基本前提和依据。

这个阶段的中心任务是在深入调查研究及分析资料的基础上确定设计原则,提出整车设想,进行初步选型。在整车设想过程中除了要考虑汽车的主要尺寸和主要性能参数外,还要初步确定汽车的布置型式(如平头式或长头式)和各部件的基本型式。例如,发动机采用汽油机还是柴油机、直列式还是V型的,选用现成的或重新设计;变速器的型式和档数;车身的型式(有车架式或整体承载式,4门或2门,造型特点等);悬架的型式(钢板弹簧或独立悬架);制动器的型式(盘式或鼓式)等。这些问题不是很容易决定的,往往争论较大,因为它们各有利弊,而且随着具体使用条件、生产条件和车型的不同,其优缺点也有所变化。因此,只有深入实际调查研究,听取使用部门和制造部门的反映,并且对不同型式的参考样车和部件进行试验,仔细查阅有关资料和研究报告,才能查明各种结构型式的优缺点,摸清技术发展的趋势。

为此,在选型以前要进行下列工作:

1. 资料的收集和分析 即广泛收集国内外同类型汽车的设计、使用、试验、研究和生产技术等方面的资料(包括情报和样本),加以分析和整理,列出整车参数统计表和统计曲线,写出技术发展水平的分析报告,从而了解同类型汽车及其部件的结构、性能、参数、产品系列、生产水平和发展趋势。此外,要收集与设计有关的各种标准、法规和专利。了解厂内外有关的基础理论研究和产品研究的最新成果和预测工程。

2. 使用调查 其目的是:(1)深入了解使用单位对汽车型式、载重量或座位数和性能的要求以及国民经济各部门及市场对各种车型的需求量;(2)了解新车型的使用条件,如道路条件(一般公路或高速公路、路面和车道的宽度、坡度大小、弯道急缓等)、气候条件和地区条件(气温变化、海拔高度等),这些都是决定汽车结构型式和各种使用性能指标的基本前提;(3)了解汽车的使用情况,如使用习惯、驾驶员熟练程度、货物品种、装卸方式、运距、是否要拖挂、功率输出等;(4)了解国内外同类型汽车在实际使用中的优缺点(特别是动力性、经济性、舒适性、稳定性、可靠性和维修方便性),使用部门所进行的常年的损坏统计和寿命分析。

3. 生产调查 了解具体的生产条件、生产设备(现有的和可能添置的)、工艺水平、新工艺和新材料方面的研究成果、原有产品等,以便充分利用现有设备、合理地选择零部件的结构、形状和技术条件。

4. 样车对比试验和分析 从样本得来的数据有时带有一定的广告性质,而且不够全面。

因此有必要选定若干参考样车, 进行全面的性能试验, 找出差距。对参考样车的某些总成可进行台架试验, 摸清其工作性能、工作应力和疲劳寿命, 为新设计时确定性能指标、选择零部件结构和安全系数等提供依据。这些工作是由试验部门进行的, 但总体设计人员一般也参加, 以取得所需资料。在样车试验以后, 可以选择一、两种较先进的样车作结构分析(将整车和各总成解体, 进行精密测量和称重, 了解其结构细节和材料成分, 作应力验算等)。这对新车设计和选型是十分有益的。上述几方面的调查分析和试验研究是形成整车设想和制订设计原则的必要的基础(图 1-1)。

汽车设计原则, 是解决设计中出现的各种矛盾的指导思想和统一的准则。在设计原则中应包括: 产品设计方针, 主要技术-经济要求(对技术先进性、工艺性、继承性、生产成本和零部件通用化的要求), 需要考虑哪些变型; 同时要规定在各种使用性能中哪些是要优先保证的(即分清主次); 以及在使用、经济和制造三方面的要求发生矛盾时应首先照顾哪一方面。例如在山区露天矿场工作的重型矿用自卸车, 由于开采场地有限, 道路条件较差和经常要满载下坡, 对汽车的机动性、稳定性、制动性、爬坡能力要求较高, 故这些性能应优先保证, 为此, 在这类汽车上常采用动力转向装置和比较复杂而可靠的制动系统。此时, 即使生产成本较高, 制造上较为复杂也是允许的。又如, 对微型汽车而言, 经济性和机动性的要求是主要矛盾, 其他性能则次之。对于中、高级轿车而言, 则一般以动力性、舒适性和操纵稳定性为主, 其他性能则适当兼顾。有了正确的汽车设计原则, 整车设计就有了明确的方向, 选型工作就容易进行了。

在这个阶段还要对发动机最大功率、变速器头档传动比和主传动比、变速器中心距等参数作初步的估算, 以便确定能否选用现成的或研制成功的部件。

为了使整车设想更切合实际, 更具体化, 通常将这些设想画成总体方案图。在这个图上进行初步的布置和分析。对于值得探讨的总体布置方案和不同的部件型式(如不同的方案图上进行比较), 从中选出一种或两种较好的总体方案, 供领导部门和其他有关部门一起研究决定。总体方案图是比较简化的, 对主要总成只画出其大致轮廓。对不影响总体尺寸的零部件可以不画。为了使作图简便, 常采用 1:5 的比例, 也可画在透明的描图纸上, 以便进行对比和节省时间。图 1-2 为某一 5 吨货车的方案图, 其目的是比较平头式和长头式两种方案的优缺点。

## 二、选型和制订技术任务书

在总体方案经过讨论初步确定后, 总体设计便进入以总布置草图设计为主要标志的更深入的选型和确定尺寸、参数的阶段。这个阶段的主要任务是通过总布置草图和性能计算(或

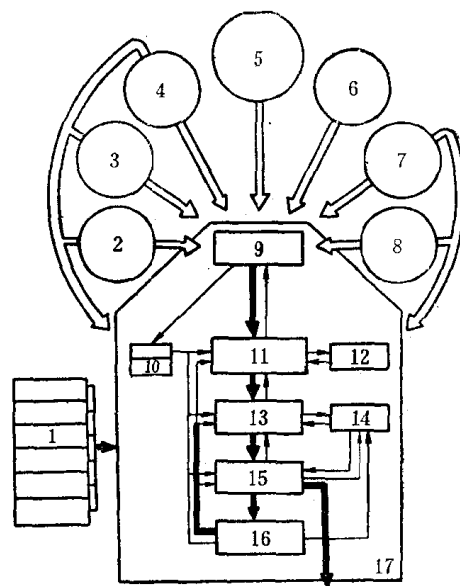


图1-1 新型货车的设计过程

- 1—(自上而下)加工、核算、使用、采购、销售、材料 2—样车试验和为用户服务的经验 3—技术水平 4—行驶安全性 5—国民经济及市场需要 6—法规 7—生产的可能性 8—基础研究 9—概念(整车设想) 10—计划 11—总体设计 12—初算 13—部件设计 14—计算 15—零件设计 16—试验 17—设计结束



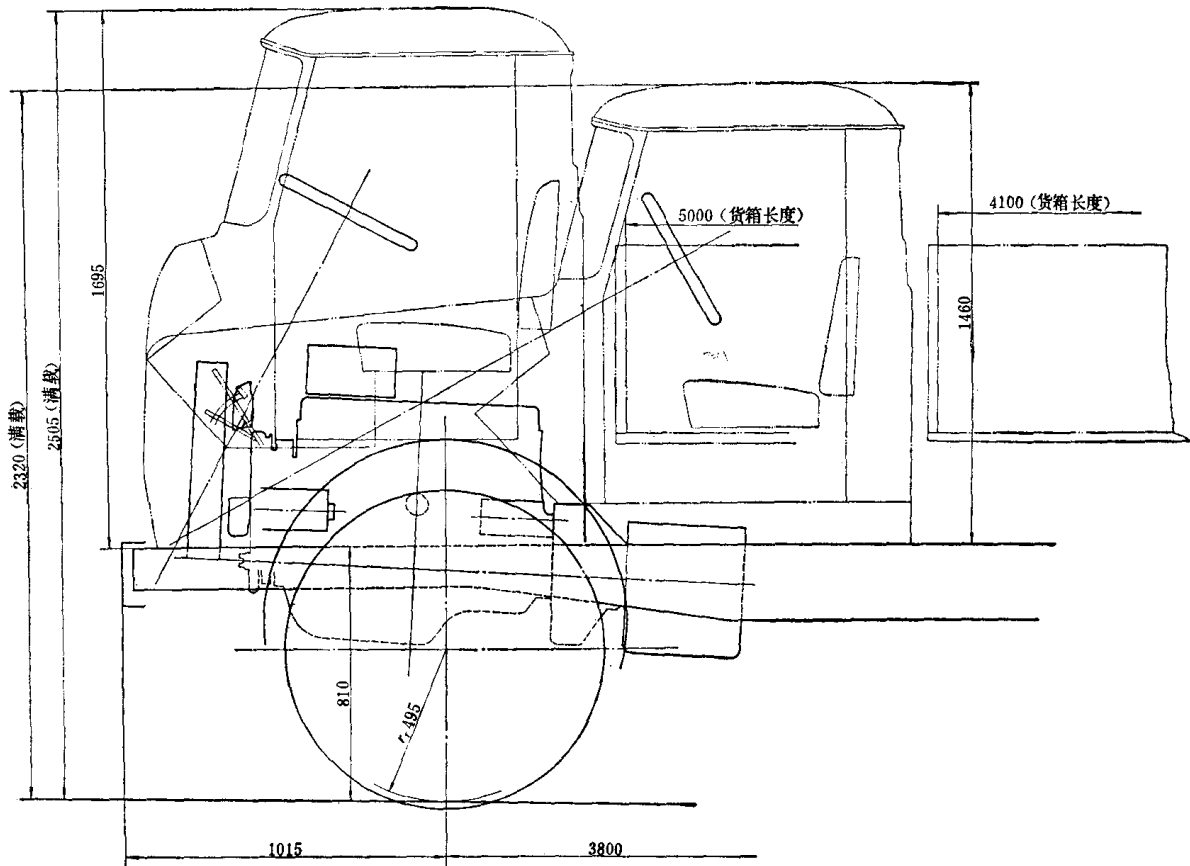


图1-2 5吨货车的方案图

预测)进一步比较不同的布置型式、不同的部件结构、不同的轴距,确定整车主要尺寸、参数和各总成的基本形式,制订技术任务书。

总布置草图与总体方案图不同,要求比较准确和详尽。在这个图上要对各个部件进行较仔细的布置,初步确定各部件的相互位置,并且对轴荷分配和重心高度进行初步计算和调整,在此基础上较准确地确定汽车的轴距、轮距、总长、总宽、总高、离地间隙、货台(或地板)高度等主要尺寸。为此,在总布置草图上,各部件的尺寸和形状要尽可能准确。对于新设计总成的主要尺寸和形状要作一定的估计,包括初步计算和运动分析(例如对独立悬架的杆件布置),或者参考国内外结构和尺寸类似的部件来估计。在选型过程中,总体设计人员要与部件设计人员经常商量,充分考虑各个部件和造型方面提出的要求,为部件设计创造良好的条件。

当总布置草图基本完成后,车身设计人员即可开始进行设计,一般要绘制车身布置图、外形构思图、彩色效果图和制作选型用的1:5模型;同时,利用电子计算机和人机对话式图象显示装置对车身外形进行设计,分析其结构强度和空气动力特性,选出较好的方案。然后再制作1:5或1:1的精确模型,进行风洞试验。根据试验结果和有关部门(特别是工艺部门)对外形方案的审查意见进一步修改车身外形。对此,总布置草图也要作相应的修改。

在总布置草图设计的同时,还要进行必要的性能计算和性能预测(用计算机模拟的方法对汽车主要性能进行预先推测和估算)。例如,要对汽车的动力性(如牵引特性、加速时间等)、燃料经济性、行驶平顺性、操纵稳定性、制动性(最短制动距离和同步附着系数等)和最小