

高等学校教材

汽车设计

(第2版)

吉林工业大学 张洪欣 主编

机械工业出版社

高等学校教材

汽车设计

(第2版)

吉林工业大学 张洪欣 主编



机械工业出版社

本书介绍了汽车的整车及其各主要总成的设计原理和设计方法，共十章。内容包括：汽车的总体设计，机械传动系、行驶系和操纵系各总成的结构选型、布置方案的分析、主要尺寸和性能参数的确定，重要零部件的载荷确定与强度计算方法，还有新设计方法及其在汽车中的应用等。叙述较为全面和系统。本书是高等院校有关专业《汽车设计》课程的教材，也可作为有关行业的工程技术人员的参考书。

汽车设计

(第2版)

吉林工业大学 张洪欣 主编

(重排本)

责任编辑：赵爱宁 责任校对：贾立萍

封面设计：郭景云 版式设计：王颖

责任印制：卢子祥

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

邮政编码：100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

三河市印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092^{1/16} · 印张16^{1/2} · 字数401千字

1996年5月第2版·第14次印刷

印数 75 801—82 300 · 定价：13.40元

ISBN 7-111-01291-7/U·34 (课)

再版前言

本书自1981年7月问世以来,已有7年了。在此期间,由于学校和社会对本书需求的不断增长,本书曾多次加印并有机会不断地加以完善,因而得到了社会上的好评,并于1987年荣获了国家教育委员会颁发的优秀教材奖和原国家机械工业委员会颁发的优秀教材一等奖。

本书这次再版是根据1985年高等学校汽车专业教材编审委员会制订的新教学大纲和相应的教材修改大纲编写的。

本书新版删去了原版中“液力机械变速器设计”、“车轮”和“行驶系概述”等章节,而对原版中其余内容进行了删简、完善和更新,形成了现在的十章,其中大部分是重新编写的。在编写中我们努力贯彻少而精、理论联系实际的原则,并介绍了优化设计、可靠性设计和计算机辅助设计等新的设计方法,使本教材能体现先进性、系统性和实用性。本书不仅在内容上更符合教学要求,而且有利于培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书根据国家教育委员会、国家标准局和机械电子工业部教材编辑室的要求,采用GB 3102.1—86~GB3102.9—86, GB3102.13—86规定的名词、符号及法定计量单位。因此,书中一些名词与习用的名词不同,如“扭矩”一词按标准改为“转矩”,用符号 T 表示;“重量”一词改为“质量”,用符号 m 表示,同时“质量”一词在有些场合表示一事物的品质。这一名词的双重含义敬希读者阅读时注意。

本书由张洪欣主编,新版本由张洪欣编写绪论,第一章,第二章§6~8,第七章,第八章;冯振东编写第二章§1~5,第三章,第五章,第六章;王望予编写第四章、第九章,第十章。新版本的第一章到第六章由安徽工学院姚铁成审阅;第七章到第十章由湖南大学郭正康、秦德申审阅。参加审稿的还有清华大学、武汉工学院、江苏工学院、河北工学院,西安公路学院及湖北汽车工程学院等代表。参加审稿的同志对本书进行了认真详细的审阅,并提出许多宝贵意见,编者在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错漏之处,热忱欢迎读者提出批评指正。

编者

目 录

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
三、本课程的任务和要求	7
第一章 汽车的总体设计	8
§1-1 汽车总体设计的任务与工作顺序	8
§1-2 汽车型式的选择	11
§1-3 汽车主要尺寸和参数的选择	15
§1-4 汽车发动机及轮胎的选择	22
§1-5 汽车总布置草图及各部件布置	26
§1-6 运动校核	35
第二章 汽车零部件的载荷及其强度计算方法	39
§2-1 概述	39
§2-2 传动系的扭振和由发动机激起的传动系载荷	39
§2-3 传动系在非稳定工况下的动载荷	44
§2-4 传动系静强度计算时的计算载荷	47
§2-5 传动系零件的疲劳强度计算	48
§2-6 行驶系随机载荷的确定	50
§2-7 极限工况下行驶系载荷的确定	57
§2-8 行驶系零部件强度的概率设计法(可靠性设计法)	59
第三章 离合器设计	61
§3-1 概述	61
§3-2 离合器的接合过程	61
§3-3 离合器的结构选择	63
§3-4 离合器基本参数和主要尺寸的选择	70
§3-5 压紧弹簧的设计	71
§3-6 扭转减振器	75
§3-7 离合器操纵机构	76
第四章 机械式变速器设计	79
§4-1 概述	79
§4-2 变速器布置方案的分析	79
§4-3 变速器主要参数的选择	80
§4-4 同步器	98
第五章 万向节和传动轴设计	105
§5-1 概述	105
§5-2 万向节传动的运动分析和受力分析	106

IV

§5-3	万向节设计	110
§5-4	传动轴设计	115
§5-5	中间支承	116
第六章	驱动桥设计	118
§6-1	概述	118
§6-2	主减速器设计	119
§6-3	差速器设计	136
§6-4	车轮传动装置	142
§6-5	驱动桥壳设计	146
第七章	悬架设计	149
§7-1	对悬架设计的要求	149
§7-2	悬架结构型的分析	149
§7-3	悬架主要性能参数的确定	155
§7-4	弹性元件的计算	162
§7-5	独立悬架导向机构的设计	176
§7-6	减振器主要参数及尺寸的选择	182
第八章	车架与车身设计	185
§8-1	车架的功用和要求	185
§8-2	车架的结构型式与尺寸确定	185
§8-3	车架的载荷工况及强度计算	188
§8-4	车身结构型式的选择	194
§8-5	车身设计方法及其发展	195
第九章	转向系设计	200
§9-1	概述	200
§9-2	转向系主要性能参数	200
§9-3	循环球式转向器设计	209
§9-4	动力转向	216
§9-5	转向梯形机构及其优化设计	220
§9-6	转向系中的防伤安全机构	225
第十章	制动系设计	227
§10-1	概述	227
§10-2	制动器设计	229
§10-3	制动驱动机构的型式及计算	252
参考文献	256

常用符号说明

量的名称	量的符号	单位符号	量的名称	量的符号	单位符号
汽车总重 (指汽车满载时所受的重力)	G_0	kN	发动机转矩	T_e	N·m
汽车前轴静负荷	G_1	kN	转向阻力矩	M_c	N·m
汽车后轴静负荷	G_2	kN	滚动阻力矩	M_f	N·m
汽车总质量	m_0	kg, t	轮胎自由半径	r_0	m
汽车整备质量	m	kg, t	轮胎静力半径	r_s	m
汽车装载质量	m_s	kg, t	轮胎滚动半径	r_r	m
汽车前轴轴载质量	m_1	kg, t	轮胎动力半径	r_d	m
汽车后轴轴载质量	m_2	kg, t	轮胎有效半径	r_e	m
乘客质量	m_p	kg	最小转弯半径	R_{min}	m
行李质量	m_l	kg	整车长度	L_0	m
簧载质量	m_s	kg	整车宽度	B_0	m
非簧载质量	m_n	kg	整车高度	H_0	m
前轮上的地面垂直反力	F_{z1}	N	轴距	L	m
后轮上的地面垂直反力	F_{z2}	N	汽车质心至前轴间距	L_1	m
前轮上的地面纵向力	F_{x1}	N	汽车质心至后轴间距	L_2	m
后轮上的地面纵向力	F_{x2}	N	前悬	L_F	m
前轮上的地面侧向力	F_{y1}	N	后悬	L_R	m
后轮上的地面侧向力	F_{y2}	N	前轮距	B_1	m
驱动力 (牵引力)	F	N	后轮距	B_2	m
滚动阻力	F_f	N	汽车质心高	h_g	m
空气阻力	F_w	N	汽车侧倾中心高	h_0	m
坡度阻力	F_i	N	弹簧中心距	B_S	m
惯性力	F_I	N	最小离地间隙	h_{min}	m
制动力	F_B	N	主销侧偏距	a	m
附着力	F_φ	N	路面附着系数	φ	
汽车车速	v_0	km/h	同步附着系数	φ_0	
	v	m/s	滚动阻力系数	f_r	
发动机角速度	ω_e	rad/s	坡度阻力系数	i	
发动机转数	n_e	r/min	道路阻力系数	ψ	
车轮外倾角	α	rad或(°)	前轴负荷转移系数	m'_1	
主销后倾角	γ	rad或(°)	后轴负荷转移系数	m'_2	
主销内倾角	β	rad或(°)	发动机效率	η_e	
前轮侧偏角	δ_1	rad或(°)	传动系效率	η_T	
后轮侧偏角	δ_2	rad或(°)	动力因数	D	
发动机功率	P_e	kW	制动器效能因数	K_B	
			离合器后备系数	β	

(续)

量的名称	量的符号	单位符号	量的名称	量的符号	单位符号
主传动比	i_0		悬架侧倾角刚度	c_ϕ	N·m/rad
变速器传动比	i_v		车身侧倾角	ϕ	rad或(°)
转向系角传动比	i_{w0}		弹性模量(2.0776×10^5)	E	MPa
转向器角传动比	i_w		切变模量(8.1340×10^4)	G	MPa
转向传动装置角传动比	i_w'		泊松比	μ	
悬架垂直刚度	c	N/mm	摩擦系数	f	
扭转角刚度	c_T	N·mm/ rad	阻尼系数	δ	

绪 论

一、汽车设计的特点和要求

自1886年诞生第一辆汽车以来，汽车工业经历了100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。

50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车汽车的总质量可达40t，车速可达100km/h以上，每年平均行驶里程约15万km。一些工业发达国家的汽车货运量在总货运量中的比重高达80%之多。60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。除载货汽车外，不少国家每年还要生产数量众多的供私人用的各种型式的轿车（在有些国家中轿车产量占整个汽车产量的80%），车主用上下班、采购、旅游或出差时代步。在这里汽车起到了节省时间、加快生活节奏和使生活现代化的作用。因此在有些国家中，轿车就成为人民生活中十分需要的用具，非常普及。正是由于汽车的用途日益广阔，所以近20年来汽车的产量不断增长。据80年代初统计，全世界汽车年产量已达4000万辆，保有量达4亿辆以上。汽车作为陆上运输工具在社会上发挥的作用已经接近甚至超过了铁路车辆。但它也给社会带来许多新问题。在车辆多的国家中造成车流密度大，交通拥挤和频繁的事故，废气和噪声对环境造成污染，这些已形成了社会公害。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，经济损失达200亿美元以上。在日本，由于汽车排出的大量废气，曾引起严重的光化学烟雾中毒事件，使近万人中毒，数百人死亡。这些都严重影响了社会的治安和人民的生活。所以许多国家制定了各种法规来加以防治，并对汽车设计提出了很严格的要求。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，还与社会和人民生活息息相关，因此在汽车设计时，必须考虑到这些因素而形成自己的特点。

汽车设计特点之一是要考虑其使用条件的复杂多变，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、材料和汽车设计都有特殊的要求。例如：高原地区要求发动机增压；寒冷地区要考虑冷启动；热带地区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，才能确定合理的方案，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，这是它第二个特点。由于汽车产量大、品种型式多，所以设计中必须尽可能采用部件专业化生产和实行“三化”，以达到简化生产、提高工效和改进产品质量、降低成本的目的。所谓“三化”是指产品系列化，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。国外常由各专业化工厂分担各种零部件生产，然后由汽车（装配）厂加以选用和进行总装以完成整车的生产。各专业厂为了既能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。所谓通用化就是在汽车总质量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，从而可降低制造成本、提高工效、简化维修。当然不同车型通用同一部件必须合理，如果装载质量相差很大，产量又大，若勉强通用，则或是经济上不合理，或是达不到性能要求，因而必须另行设计。

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、提高产品质量、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效益，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中，汽车行驶15万km的营运费用即相当于汽车的全部制造成本。其中，燃料费用占营运费用的29%，而保养维修费用占16.5%。因此，在汽车设计中，应注意提高汽车的燃料经济性、减轻汽车的整备质量、减少维修与保养的工作量、提高可靠性等。

此外，汽车设计还应考虑到汽车对社会和人民生活有密切影响这一特点。数量众多的汽车在社会上流通，其车身外形和色彩设计应适应时代的特点、人民的爱好，起到美化环境的作用。设计中还要考虑乘坐舒适、操纵轻便、安全可靠，以减少交通事故，并有防伤措施，还应有净化装置和隔振减噪措施，以减少废气和噪声对环境的污染。因此，设计汽车还要从政府法规、人机工程、交通工程与艺术设计等方面加以仔细地考虑，这是其颇具特色的一种要求。

综上所述，汽车设计涉及到多种专业学科和各种不同的要求，故要完成一个成功的设计，必须应用系统工程的观点和方法，全面均衡地、有层次地处理各种不同要求，使整车的设计达到技术、经济和艺术的有机结合。设计中考虑欠周就会影响产品功能的发挥和在市场竞争中的能力。所以对设计技术必须精益求精，不断完善，才能设计出符合使用要求的物美价廉的优秀产品。

二、汽车设计技术的发展

随着汽车工业的不断壮大和发展，汽车设计技术在近百年中也不断地更新，经历了三个

阶段；最早是经验设计阶段；到第二次世界大战后的50年代，逐步发展到以科学试验和技术分析为基础的设计阶段；从60年代中期在设计中引入电子计算机后，就逐步形成了新的设计技术——计算机辅助设计（CAD），70年代以后，计算机功能逐步完善，使设计过程逐步走向半自动和自动设计的新阶段。正是由于设计技术的不断发展，才使得产品的功能不断提高。

所谓经验设计，即产品设计以生产技术中的经验数据为依据，运用一些附有经验常数的计算公式为主要方法，这样的设计由于缺乏准确的设计数据和科学的计算方法，使产品的结构安全系数取得偏大，所设计零件过于笨重。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。并且当时所用的试验设备陈旧，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，图样要经反复修改才能定型（首次设计的资料图纸的可利用率不到50%），设计质量差，材料消耗大。

第二次世界大战后的20年间，测试技术有了很大提高，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模拟技术等新的测试方法，在新产品技术设计前进行了燃烧系统、热循环、冷起动、应力与应变、材料疲劳和振动等试验，从各个侧面对产品结构和零部件的性能、强度进行测试。同时广泛采用近代的数学物理分析方法，对产品的结构从力学、热工学等角度进行全面的 technical 分析研究，这就使产品的设计建立在一定的科学基础上，比传统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，从而走向一个新阶段——即计算机辅助设计（CAD）和自动设计（AD）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，其内容主要是以规定的技术参数计算产品性能和分析结构中的问题。例如，随着汽车的高速化，汽车操纵稳定性日益显得重要，过去采用人工计算时作了过分简化的假设，如把汽车简化成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，而且计算速度快，1千多种工况，3万多个数据，只用1.5h就能完成，为设计人员分析多种方案提供了很大的方便。

还可以利用电子计算机的逻辑分析，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。计算机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8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6缸新结构是最先进合理的，结果采用了后者。

进入70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，而且在外部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，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，这样的设计系统称为会话型计算机辅助设计系统。此时的设计过程就是：根据设计者描述的设计模型，由电子计算机对有关产品的大

量资料进行检索；然后对有关数据和公式进行高速运算；再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。这种系统适用于设计目标难以用目标函数来定量描述的设计问题。

对于设计目标能用明确的目标函数来定量描述的问题，在设计过程中无需人的参与或人机对话，电子计算机会根据用户编制的优化程序自动地进行计算和设计，直至获得最优解为止。这种系统称为自动设计系统。

国内、外实践表明，采用计算机辅助设计或自动设计系统后，会大大地缩短设计周期，提高设计质量，使设计人员从繁琐的计算和绘图工作中解放出来，有时间从事更多的创造性工作。这种先进的设计技术使整个设计工作的面貌彻底改观，是设计技术的一次飞跃，为设计工作开创了一个有广阔发展前途的新阶段。

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是采用电子计算机进行运算的数值法。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，用算术方法求解。但此法对结构形状和边界条件复杂者，解题精度有限，不如灵活的有限元法有发展前途。

有限元法是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，因此具有更为直观的物理意义。对于形状复杂的结构件，可使边界节点完全放在场区边界上，从而可在边界上得出精确的“逼近值”。故用有限元法对复杂的结构进行应力分析，效果特别明显。例如汽车车身的结构应力分析，过去是根据设计人员的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，计算快而准。联邦德国的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。

以往汽车零件的疲劳强度计算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，金属的应力必须低于疲劳极限，否则就是不安全的。这种理论的基本前提是零件承受等幅应力，而在实际的使用条件下，许多零件应力的变化带有随机性质，因而用这种理论来计算这些零件的寿命是不精确的。为此，曼纳在1945年提出了一种，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轻量化之间的矛盾，设计出质轻而坚实的零件，所以这一方法在国外汽车设计中得到广泛应用。

在汽车零部件的强度设计中，概率设计是70年代发展起来的一种新的设计方法。这种方法的特点是把设计参数（载荷、强度、零件尺寸等）看作随机变量，用概率论和数理统计方法找到其分布规律，然后应用“应力—强度模型”把应力分布和强度分布联结起来，推导出在给定设计条件下强度大于应力，即不发生破坏的概率公式和其它公式，应用这些公式就可以在给定可靠度下确定零部件尺寸，使零部件的质量得到恰当地减轻，而又保证足够的寿命，正因为这样的设计方法可在设计中控制零部件使用中破坏的概率和可靠程度，故亦称可靠性设计法。

随着汽车的高速化，振动和噪声问题日益突出，减振和降噪已成为设计工作中一项重要课题。对振动或噪声信号的识别、分析或控制都需要把汽车看作为动力学系统进行动态分析，由于汽车使用条件复杂而多变，其振动和噪声的时间历程往往带有随机的性质，所以应用古典动力学已无法对这一问题作精确分析。而随机过程理论和现代控制理论为解决上述问题提供了强有力的工具。这些理论对随机振动和噪声进行统计描述，并分别在时域或频域中进行波形分析、相关分析或频谱分析、相干分析等，最后用传递函数、传递矩阵或状态空间法对系统动态特性进行分析，并应用最优控制理论进行控制。这样不仅提高了对振动和噪声分析的精度，而且逐步发展成为一种动态分析的设计方法。这一方法将使设计的内容更为丰富，设计的结构更为合理。

50年代初，美国培克创立的陆上行驶理论提出了“车辆—土壤系统”概念，孕育了一种新的设计方法——系统设计法，而近年来发展很快的人机工程学（人体工程）的理论更加明确地提出，要把人、机器（包括车辆）、过程和环境（包括道路）这些离散个体有机地结合起来进行系统设计才是合理的。这一指导思想已逐步为国内、外汽车设计工作者接受并加以应用。目前应积累应用这种设计方法的经验，以便使这一方法更加完善。

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，如电子控制燃料供给系统，制动器防抱装置，电子控制最佳换档装置，自动调节悬架（亦称主动悬架）等。由于在汽车中越来越多地引进微处理机、传感器和调节装置，使汽车结构由单一的机械系统逐步演变成成为机—电—仪一体化系统，并逐步具有人工智能，使汽车向自动化和智能化方向发展。这一发展过程必然需要应用更多的现代基础理论，如模拟理论、最佳控制理论、人工智能原理、系统论和信息论等。由此可见，随着汽车设计技术的发展，应用基础理论的新成果日益增多，这必将使汽车设计的科学性和准确性向更高的水平发展。因此在许多国家中，已把基础理论及其在汽车设计中应用的研究放在显著的地位。

汽车设计技术发展的另一重要侧面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参数，通过测试还可以对产品的质量进行检验和评价，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。

早期的汽车试验，由于仪器和设备陈旧，只能测试整车部分性能和结构的静态特性，精度低，所得信息少，对改进设计的作用也小。但是随着测试技术的不断更新，汽车试验的内容也日益丰富，它对改进设计的作用也日益显著。其中尤以50年代兴起的电测量技术对汽车

试验和汽车设计的推进作用较为突出。用电测量法可以迅速测量产品结构中的各种力和应变、位移和加速度、温度和流量等多种瞬息变化的物理量。被测参数经转化为电信号后，能直接作数值显示或记录在磁带上，测量精度高，能为设计提供有价值的数数据，故至今仍为汽车测试中的基本手段。对汽车各使用性能的测试技术也在不断完善。如国内、外已用非接触式光学仪器来代替五轮仪，从而使汽车运动参数和动力性的测试精度得到提高；对汽车空气动力学特性和气候适应性采用了先进的风洞试验法来测试。传感装置也有新的发展，如制成了微型应变片，可以贴在应力集中的过渡圆角处，测量应力集中点的应力；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应用，可将激光—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。

电子计算机在试验设备中的应用使汽车测试技术向自动化、现代化大大地推进了一步。

电子计算机为自动快速地处理和分析试验数据提供了有力工具。电子计算机还可以作为试验设备的控制装置使试验过程高度自动化，一台大型计算机还可同时控制若干个试验设备工作，大大地提高了试验工作的效率。在一些先进的汽车试验室中，已出现了电控转鼓试验台及电控疲劳试验机等。

用来研究汽车振动和疲劳寿命的电子液压振动试验台，是近年来出现的一种先进试验设备，它具有四个或六个电子液压激振器，汽车的车轮直接放在激振器上部的工作台上。试验时，把规定的载荷谱输入到电子计算机中，由电子计算机输出控制信号，通过功率放大器去控制激振器的动作，以进行各种试验。由于它具有模拟不平路面对车轮各种激振工况的功能，所以又称为道路模拟机。在这种试验台上可以进行多种振动或疲劳试验，如给四个车轮以任意相位差，就可以使试件获得弯曲振动或扭转振动。如改变输入载荷谱的软件，就可以分别进行定幅疲劳、程序疲劳或随机疲劳等试验。正因为电液振动试验台具有功能多、精度高、数据处理快的优点，能快速准确地测定零部件的疲劳寿命或振动特性，为设计提供可靠的依据，所以受到了汽车界的广泛重视。

60年代以来，国外的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以及各种试验措施，可以全面地进行汽车各项性能试验、强化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，具有试验时间短和道路条件相对稳定等优点。但创建汽车试验场耗资巨大，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，目前汽车设计技术的发展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的现代设计方法，使设计过程朝着自动化的方向发展。

与此同时，新工艺、新材料也在不断涌现和发展，它们对子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，加工质量和工效有很大的飞跃，出现了计算机辅助制造（CAM）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，并包括管理在内的一个全自动化过程。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，形成一个全盘（只有极少数管理人员和技术人员）自动化工厂——一个高生产率、高经济性和高度灵活的生产系统。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。

三、本课程的任务和要求

本课程的任务是使学生学会分析和评价汽车及其各总成的结构与性能，合理选择结构方案及有关参数，并学到一些汽车主要零部件（发动机除外）的设计与计算方法和总体设计的一般方法，为以后进行毕业设计及毕业后从事汽车技术工作打下良好的基础。对正在发展中的新设计方法，考虑到学生基础理论的程度和篇幅所限，只作概要介绍。其中有些内容将在专设的选修课中讨论。总之，本课程要求学生学习和掌握的是有关汽车设计的基本理论和方法，并不是也不可能要求学到汽车设计人员所需的全部知识和技术，这些有待于学生在毕业设计和毕业后长期的设计实践中不断地积累方能获得。因此，理论和实践相结合应该是掌握汽车设计技术的主要方法，也是学习这门课程的主要方法。

第一章 汽车的总体设计

§1-1 汽车总体设计的任务与工作顺序

汽车是现代社会中一种主要运输工具，它与国民经济各部门、社会和人民生活有密切关系。一个成功的汽车产品设计应该使产品满足技术、社会、经济和艺术造型等多方面的要求；它的技术性能应该满足用户的要求和适应各种使用条件；还必须符合社会和政府各种法规的要求（如有关安全、油耗、噪声和排污等法规）；它还应该是造价低廉、用材合理，制造和维修简便，使用经济性好且可靠耐用的；它的车身造型既要满足空气动力学的要求，还要符合工艺美术的原则。把这样众多的、彼此有时是相互制约的要求集中于一件产品上，必然给设计工作带来一定难度。需要在设计中对这些要求进行协调和按不同层次进行处理，故很有必要在设计开始阶段进行总体设计，即根据整车设计的总目标，明确各种要求的主次地位，统一协调，使它们和谐地组合在一起，形成既先进又合理的方案，以达到预期的效果。因此，总体设计在整个设计工作中是十分必要的。也是非常重要的。

总体设计中的整车设计目标是根据企业产品发展规划而确定的。这一规划是企业按照国家和汽车行业产品发展规划确定的产品分工范围、考虑了市场需求和技术发展的趋势等制定的。根据这一规划确定了产品的设计方针和主要技术经济指标；其中包括产品的用途，型式、整车性能指标、产品成本、生产纲领等。总体设计人员就是在此基础上进行工作的。

对新产品设计而言，总体设计的任务和工作顺序如下：

一、制订设计原则和进行方案论证

总体设计人员在领会了设计方针并经过深入的各种调查（使用调查、生产调查、参考样车性能调查等）和分析研究后，即可制定产品的设计原则。设计原则应包括：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，例如，对微型汽车而言，经济性和机动性的要求是首先要考虑的，其他性能则次之。而对于高级轿车而言，则把动力性、舒适性和操纵稳定性放在首要地位，其他性能则适当兼顾。当使用、经济和制造三方面的要求发生矛盾时应作技术经济分析。例如，设计矿用自卸车时，由于矿区场地有限，使用条件恶劣，对汽车的机动性、制动性和爬坡能力要求较高，故这些性能应优先保证。为此，在这类汽车上要采用结构复杂的动力转向装置和抗热衰退的特殊的制动系统。这样可能使制造难度大、生产成本低。此时就应开展价值分析，通过对产品设计方案进行功能和成本分析，发现问题，研究对策，最后优选出合理的设计方案解决上述的矛盾。设计人员在这项工作中要充分^①发挥创造性，才能制定出正确的设计原则，使整车设计有明确的方向。之后，就可以提出整车设想，通常将这些设想画成多幅总体方案图，进行分析和寻优。最后选出两种较佳的方案在图上进行比较。此图对主要总成只画出大轮廓，突出各方案间的主要差别，使方案对比简明清晰。图1-1即是5t货车两种驾驶室进行比较的总体方案图。

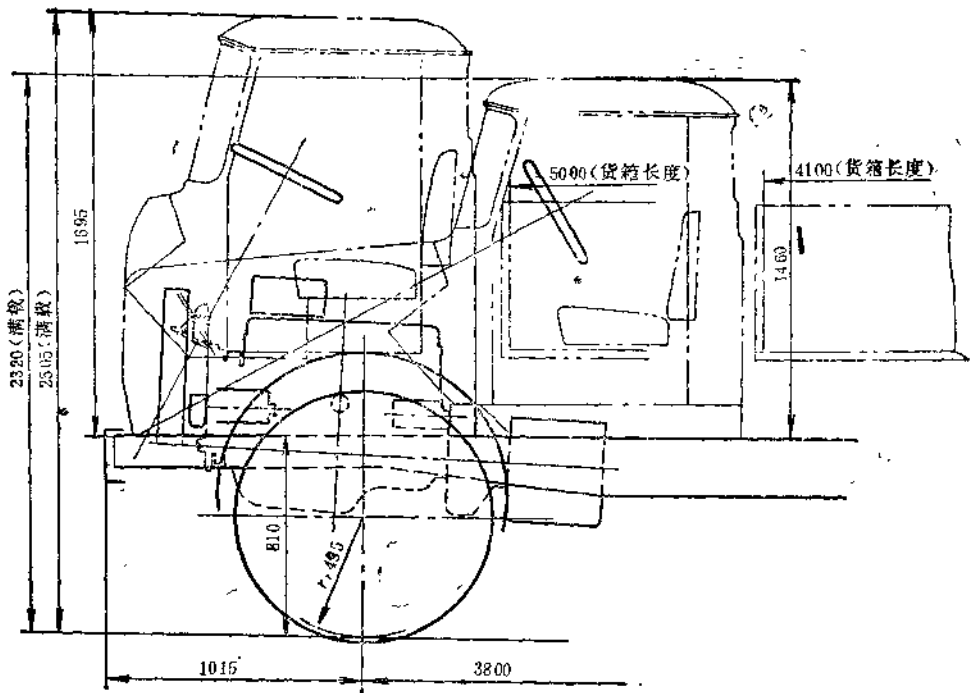


图1-1 5t货车的方案图

二、选型和编写设计任务书

在总体方案初步确定后，就进入了选型阶段。这一阶段的主要任务是画总布置草图，进行车身总布置和车身造型，同时确定整车主要尺寸、主要性能和质量参数以及各总成基本型式。总布置草图与方案图不同，在此图上要对各个部件进行较仔细的布置，并对轴荷分配和质心高度进行计算和调整。在此基础上较准确地确定汽车的轴距、总长、总宽、总高、离地间隙、货台（或地板）高度等主要尺寸。要注意这些尺寸应符合法规和标准的规定。此外，还要较准确地画出各部件的形状和尺寸。对于新设计总成的形状，可参考国内、外类似的部件来估计，也可通过计算来确定。

在总布置草图完成后，即可进行车身设计：绘制车身总布置图、外形构思图、彩色效果图和制作1:5模型，同时对车身外形进行造型设计；然后再制成1:5或1:1的精确模型，进行风洞试验；根据试验结果及工艺部门的意见进一步修改车身外形。对此，总布置草图也应作相应的修改，还要对主要性能进行计算，其目的是从所需性能出发，确定各部件的特性参数，并检查这些参数与整车参数的匹配情况，以便修改后确保主要性能指标的实现。

上述工作完成后即可编写设计任务书，以便对以后的设计、试验和工艺准备进行指导和提供依据，设计任务书主要包括下列内容：

- (1) 设计依据、设计原则和技术论证意见；
- (2) 产品型号，整车布置型式及主要技术规格和参数(包括尺寸、质量和性能等参数)，使用可靠性，寿命和环境适应性等；
- (3) 各主要部件的结构型式和特性参数；