



21世纪全国高等院校汽车类**创新型**应用人才培养规划教材

汽车车身 设计基础

王宏雁 陈君毅 编 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材

汽车车身设计基础

王宏雁 陈君毅 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书内容包括车身概论、车身设计方法、车身设计的技术与要求、轿车车身的空气动力学设计、轿车的车身总布置设计、车身结构的安全性设计和车身结构的轻量化设计。

全书内容上注重深入浅出,通俗易懂。通过串联起多学科的知识点,让学生了解车身设计的基本知识和基本方法,以及所涉及的其他学科领域及其相容性;并掌握最基本的车身设计的方法和技术;了解车身设计这个学科的发展和研究内容及其在汽车制造中的作用。

本书可作为非车身设计方向的车辆工程专业或机械工程专业的学生教材,也可作为相关行业技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车车身设计基础/王宏雁,陈君毅编著. —北京:北京大学出版社,2009.9

(21世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-15619-3

I. 汽… II. ①王…②陈… III. 汽车—车体—设计—高等学校—教材 IV. U463.820.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第131661号

书 名: 汽车车身设计基础

著作责任者: 王宏雁 陈君毅 编著

责任编辑: 童君鑫

标准书号: ISBN 978-7-301-15619-3/TH·0150

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印刷者: 北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 15.5印张 彩插2 360千字

2009年9月第1版 2009年9月第1次印刷

定 价: 28.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn



冲压成型的车身



博美兰梦幻车



红旗轿车



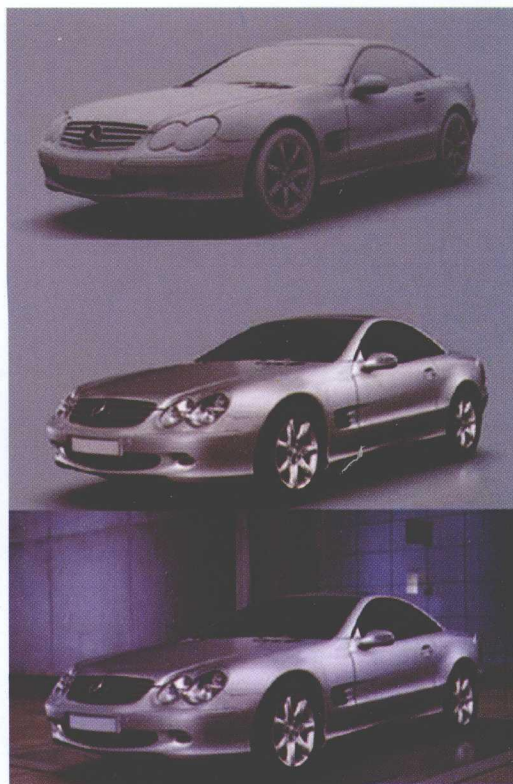
内饰效果图



进气口开设在侧面的样本



新车型的透视效果图



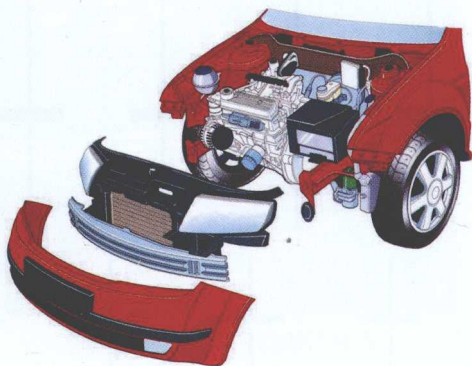
造型效果图制作



车身前部结构



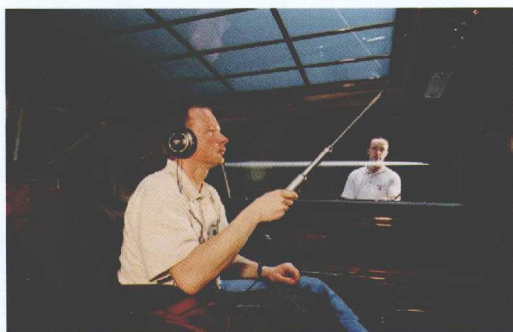
计算机中建立的汽车模型



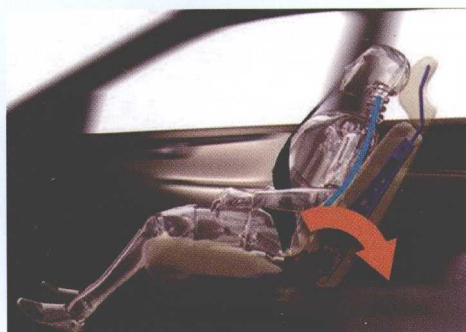
模块化车身结构



主要承载构件



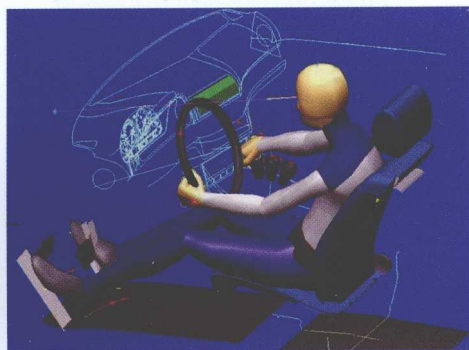
空气动力噪声试验



VOLVO公司“主动式安全座椅”



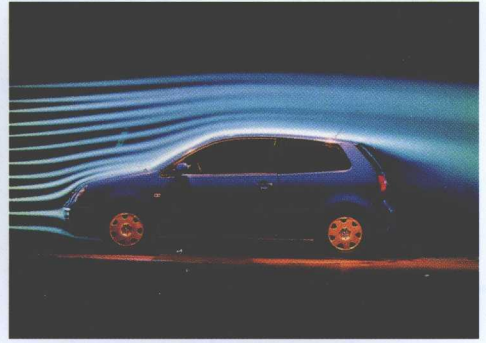
应用虚拟现实系统对新车造型的评价



利用RAMSIS软件进行总布置设计



流场显示



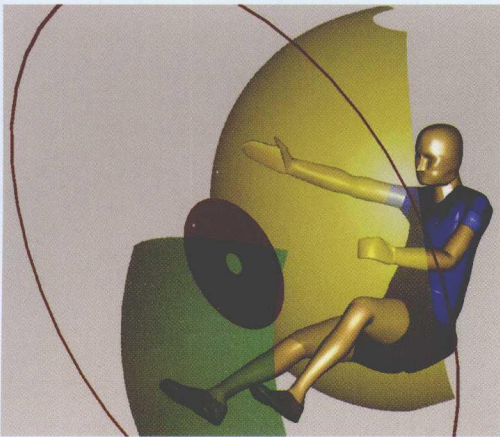
汽车模型在风洞中进行空气动力学试验



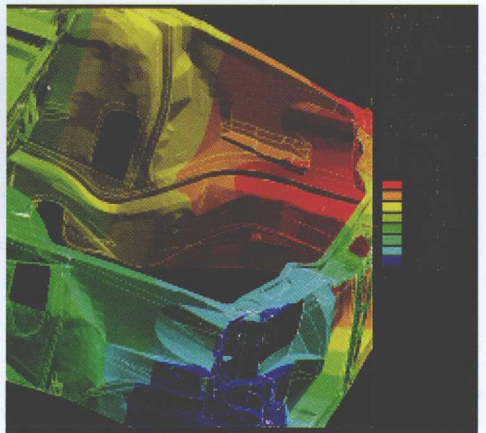
车与车正面碰撞试验



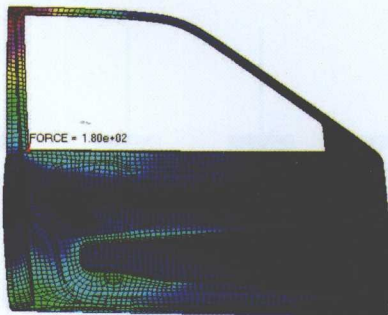
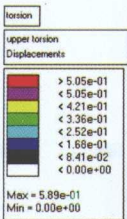
可变形移动壁障侧面碰撞试验



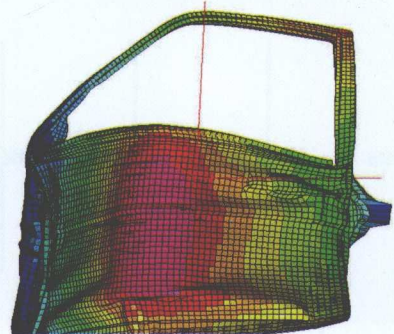
手控作用包络面在汽车上的位置



白车身结构静态强度和刚度分析



原车门下垂刚度位移图



准静态挤压时车门变形情况

前 言

“汽车车身设计基础”是一门涉及多学科交叉课程内容的，为非车身设计方向的车辆工程专业或机械工程专业的学生开设的选修课。本书涉及车身概论、车身设计方法、轿车车身的空气动力学设计、轿车的车身总布置设计、车身结构的安全性设计以及车身结构的轻量化设计等车身设计基础知识的介绍。在内容上避免了将车身设计知识讲述得深而全，而是串联起多学科的知识点，让学生了解车身设计的基本知识和基本方法，以及所涉及的其他学科领域及其相容性；掌握最基本的车身设计的方法和技术；了解车身设计这个学科的发展和研究内容及其在汽车制造中的作用。

以往此类图书都是针对车辆工程中车身设计专业的学生编写的，内容全而深，教学学时数非常多，不利于一般的学校所设置的同类车辆工程专业的学生学习，因此这类学校中将专业课程的学时数一再压缩。由于毕业后的学生大部分都不是从事车身设计工作，这样的学生又需要掌握和了解车身设计的一些基础知识，因此只能开设学时数较少的选修课满足需要。本书就是出于此目的而编著的，也就有了它的价值。

全书是从车身概论开始，讲解车身设计的定义、所涉及的学科领域、在汽车制造过程中的重要性、设计历史和发展趋势等；然后由外形到内部再至结构的设计要点、设计原则和方法等。其内容不仅深入浅出，还通俗易懂，引人入胜，以激发学生对车身设计的学习兴趣。

本书在编写过程中，参考了有关书籍和资料，在此向其作者表示感谢！同时，还要谢谢我们的学生，没有他们就没有这本书。本书在出版过程中，也得到北京大学出版社的大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，书中难免存在疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者
2009年6月

目 录

第 1 章 车身概论	1	3.1.1 计算机辅助造型技术	54
1.1 轿车车身的特点	2	3.1.2 虚拟现实技术	56
1.1.1 决定轿车车身设计的主要因素	3	3.1.3 空气动力学模拟	58
1.1.2 轿车车身设计的要求及原则	4	3.1.4 人机工程技术	59
1.2 轿车车身的发展概况	5	3.1.5 虚拟样机技术	61
1.2.1 原始的厢形车身	5	3.1.6 CAE 分析和验证技术	61
1.2.2 体现空气动力学原理的甲壳虫形车身	8	3.1.7 模块化设计技术	63
1.2.3 引入人体工程学的船形车身	9	3.2 结构设计要求	64
1.2.4 趋于完美的鱼形车身	11	3.2.1 白车身结构	65
1.2.5 理想的楔形车身	12	3.2.2 车身结构设计要点	72
1.3 现代轿车车身技术发展趋势	15	思考题	88
1.3.1 现代汽车车身外形设计的发展特征	15	第 4 章 轿车车身的空气动力学设计	89
1.3.2 现代轿车车身技术发展趋势	17	4.1 轿车的空气阻力	90
思考题	22	4.1.1 空气阻力的组成	90
第 2 章 车身设计方法	23	4.1.2 空气阻力与最大车速的关系	91
2.1 车身设计方法概述	23	4.1.3 空气阻力与轿车加速性能的关系	92
2.2 传统的车身设计方法	28	4.1.4 空气阻力与燃油消耗量的关系	92
2.2.1 概念设计	28	4.2 轿车的横向稳定性	93
2.2.2 技术设计	32	4.3 轿车的升力	95
2.3 现代的车身设计方法	41	4.4 空气的粘滞现象及轿车的流谱	97
2.3.1 现代车身设计过程	42	4.4.1 附面层与分离点	97
2.3.2 现代车身 CAD 设计方法	47	4.4.2 轿车前部的流谱	99
2.3.3 结构分析	51	4.4.3 轿车尾部的流谱	100
思考题	53	4.4.4 轿车底部的流谱	101
第 3 章 车身设计的技术与要求	54	4.4.5 轿车周围的涡系	103
3.1 现代车身设计技术	54	4.4.6 轿车的内部气流与表面压强分布	104
		4.5 车身造型应用空气动力学研究	107
		4.5.1 轿车外形的空气动力性最佳设计	108
		4.5.2 车身的空气动力性设计方法与程序	121



4.6 轿车的空气动力性试验·····	125	6.1.3 汽车碰撞安全性能的评价·····	186
思考题·····	130	6.2 车身耐撞性设计·····	190
第5章 轿车的车身总布置设计 ·····	131	6.2.1 车身耐撞性设计要点·····	190
5.1 车身总布置的原则和内容·····	131	6.2.2 车身结构安全性设计理念·····	193
5.1.1 车身总布置的原则·····	131	6.3 车身结构安全性设计方法·····	214
5.1.2 车身总布置的内容·····	131	6.3.1 实车碰撞试验·····	214
5.1.3 轿车主要参数的初步确定·····	132	6.3.2 计算机模拟碰撞分析·····	216
5.1.4 车身总布置中应考虑的性能要求·····	140	思考题·····	221
5.2 人机工程学在车身总布置中的应用·····	145	第7章 车身结构的轻量化设计 ·····	222
5.2.1 车身总布置设计涉及的基础知识·····	145	7.1 车身结构轻量化设计特点·····	223
5.2.2 车身室内布置设计·····	149	7.2 车身结构轻量化设计方法·····	224
思考题·····	174	7.3 车身结构轻量化的途径·····	227
第6章 车身结构的安全性设计 ·····	175	7.3.1 结构轻量化·····	227
6.1 汽车安全性要求·····	175	7.3.2 材料轻量化·····	230
6.1.1 汽车碰撞形式·····	175	7.4 车身结构轻量化的技术难点·····	235
6.1.2 轿车安全性设计法规·····	176	7.5 车身结构轻量化技术经济分析·····	236
		思考题·····	238
		参考文献 ·····	239

第1章 车身概论

按照《辞海》的权威说法：“汽车是一种能自行驱动，主要供运输用的无轨车辆。原称‘自动车’，因多装用汽油机，故简称汽车。”汽车属于“自动车”范畴中一个发展着的家族，不同时期的汽车有着不同的技术性能和结构特点。汽车是一种以自身动力驱动，不依靠轨道和架线，具有4个或4个以上车轮，驾驶室与车厢一体或固装在同一车架上，能在道路上行驶的轮式交通运输工具，以及由此派生出来的具有其他特殊用途的无轨自动车辆。

汽车，作为一种最便于使用和高度自由的陆路交通工具，在社会经济和人民生活中占据着相当重要的地位。作为国民经济的基础结构产品，汽车的普及和发展促进了经济的发展和现代化，并带动了一系列产业的技术革命，如冶金、机械、电子、化工、石油、塑料和玻璃、橡胶等。任何经济发达的国家都毫无例外地全力发展汽车工业，其经济发展的历史也充分证明了汽车工业是国民经济发展、技术进步和社会现代化的重要的标志。

纵观世界汽车工业历史，可以看出，现代汽车是沿着“底盘→发动机→车身”逐步发展完善过来的。这个发展过程不以人们的主观意志为转移，而在很大程度上取决于当时的科学技术水平和物质生活条件。这是由于汽车与人们的日常生活息息相关，车辆的更新换代是为了适应人们生活的各种不同目的和用途。车辆的换代，其关键在于车身。因此，车身工程是汽车工业中最年轻而又发展最迅速的一个分支。

所谓车身，直观地说就是人们无论在车内还是在车外一眼就能看见的那部分，它包括发动机舱、乘坐舱、行李舱和车窗、车门等。它是汽车上载人或载物的容舱。

车身应给驾驶员提供便利的工作条件，给乘员提供舒适的乘坐条件，保护他们免受汽车行驶时的振动、噪声、废气的侵袭以及外界恶劣气候的影响，并保证完好无损地运载货物且装卸方便。轿车车身上的一些结构措施和设备还应有助于安全行车，并能减轻事故的后果。

车身应保证汽车具有合理的外部形状，在汽车行驶时能有效地引导周围的气流，以减少空气阻力和燃料消耗。此外，车身还应有助于提高汽车的行驶稳定性和改善发动机的冷却条件，并保证车身内部良好的通风。

轿车车身是一件精致的综合艺术品，应以其明晰的雕塑形体、优雅的装饰件和内部装饰材料以及悦目的色彩使人获得美的感受，点缀人们的生活环境。

轿车车身结构主要包括：车身壳体(俗称白车身)、车门、车窗、车前钣金制件、车内外装饰件和车身附件、座椅以及通风、暖气、冷气、空气调节装置等。在货车和专用汽车上还包括车厢和其他装备。

车身壳体是一切车身部件的安装基础，通常是指纵、横梁和支柱等主要承力元件以及与它们相连接的钣金件共同组成的刚性空间结构。客车车身多数具有明显的骨架，而轿车车身和货车驾驶室则没有明显的骨架。车身壳体通常还包括在其上敷设的隔音、隔热、防振、防腐、密封等材料及涂层。



车门、发动机罩、行李箱盖通过铰链安装在车身壳体上，其结构较复杂，是保证车身使用性能的重要部件。车前钣金制件多数是通过螺栓与车身壳体连接，形成了容纳发动机、车轮等部件的空间。

车身外部装饰件主要是指装饰条、车轮装饰罩、标志、浮雕式文字等。散热器面罩、保险杠、灯具以及后视镜等附件也有明显的装饰性。

车身内部装饰件包括仪表板、转向盘、顶篷、侧壁、门内饰、座椅等，以及窗帘和地毯等装饰物。在轿车上广泛采用天然纤维或合成纤维的纺织品、人造革或多层复合材料、连皮泡沫塑料等表面覆饰材料。

车身附件有门锁、门铰链、玻璃升降器、各种密封件、风窗刮水器、风窗洗涤器、遮阳板、后视镜、拉手、点烟器、烟灰盒、天线等。在现代汽车上常常装有无线电收音机、CD、GPS导航系统，在有的轿车车身上还装有蓝牙车载手机、计算机、电视机或小型微波炉和电冰箱等附属设备。

车身内部的通风、暖气、冷气以及空气调节装置是维持车内正常环境、保证驾驶员和乘客安全舒适的装置。座椅也是车身内部重要装置之一。座椅由骨架、坐垫、靠背和调节机构等组成。坐垫和靠背应具有一定的弹性。调节机构可使坐位前后或上下移动以及调节坐垫和靠背的倾斜角度。某些座椅还有弹性悬架和减振器，可对其弹性悬架加以调节以便在驾驶员们不同的体重作用下仍能保证坐垫离地板的高度适当。

为保证行车安全，在现代汽车上广泛采用对乘员施加约束的安全带、头枕、气囊以及汽车碰撞时防止乘员受伤的各种缓冲装置。

所有这些都属于轿车车身设计范畴。可见，车身包罗万象，车身设计的复杂程度也略见一斑。

本书就以轿车为载体，围绕节能、环保和安全三大汽车发展主题，阐述车身设计的基础知识，包括设计方法、要求和内容。

本章以轿车车身的特点为导向，以它的发展历史和发展趋势为主线，介绍车身形式演变的原因，从中产生车身设计的特征。

1.1 轿车车身的特点

车身属于汽车上的三大总成之一，但是在很多方面如外形、制图与结构设计计算方法、制造与装配工艺以及所采用的材料等均与其他总成大相径庭。轿车车身是运载乘客或货物的活动建筑物，相当于一个临时住所或流动仓库，但却又受到质量和空间的限制，可以说“麻雀虽小，五脏俱全”，从而带来了许多新的问题。其涉及面之广早已远远超过一般机械产品的范畴，诸如车身造型艺术、内部装饰、取暖通风、防振隔音、密封、照明、座椅设计、人体工程等方面，车身材料有逐渐非金属化的趋势，车身零部件的加工方法也是各式各样的。由此可见，轿车车身的设计与制造需要综合运用各种不同领域的知识以及集各种行业之大成。可以毫不夸张地说，轿车车身技术的发展状况足以反映出一个国家的工业水平和完备程度。

综合起来看，轿车车身的独特性，使得生产工艺、结构力学、人体工程、技术美学、用户心理、交通运输工程、企业管理乃至供销等各种彼此分别很大的学科甚至很多非技术

性领域的知识紧密地结合在一起。

1.1.1 决定轿车车身设计的主要因素

轿车是载运人的交通工具，在使用过程中又衍生出城市流动艺术品的功能因素。所以，决定轿车车身设计的主要因素有以下诸方面。

1. 轿车的车身造型

轿车车身造型是车身设计中确定产品形象的过程，一般包括市场调查，车型比较，了解用户对车身外观的审美要求(如外形、色彩、样式等)，造型，外形构思，模型制作等。车身造型对产品参与市场竞争有着重要的作用，是各汽车生产公司产品竞争的重要内容。

轿车车身造型是一种创造性的工作，但它与空气动力学、人体工程学和材料工程学等技术的发展又有着密切的关系。从历届世界汽车博览会上不断推出的外观新颖的轿车、新概念车、未来汽车中，都可以看出工程学的研究发展在车型中应用的痕迹。如随着汽车玻璃材料的发展，一种能够控制热量射入车内的“阳光控制”技术，使得具有大面积、大倾角的玻璃覆盖，并且符合空气动力要求的轿车外形得以实现。未来的概念轿车，大多具有一个几乎全用玻璃制成的，像温室一样的座舱。

2. 轿车布置型式

影响车身设计中布置型式的因素，主要有发动机及传动系的布置型式(FR型、FR型、RR型)和车身布置型式(紧凑型、多用途旅行车等)。

由于对提高汽车的空气动力性能有很大影响，现代轿车为保持车身外表面平滑化的车门布置型式，对车身表面突起物做了平滑化处理。另外，车门附件(门把手、门窗、流水槽等)的型式也是影响轿车布置型式的重要因素。

3. 新材料、新工艺的应用和车身结构的发展

新材料、新工艺的应用促进了车身结构的发展和车身轻量化，给车身结构设计提供了方便。车身构件的大型化、成型技术发展带来了车身表面的平整化，减少了车身的结构件数，提高了车身的刚性，进一步实现车身结构的轻量化。非金属材料的应用，如塑料，带来了车身结构设计的变革，使车身外形设计具有更大的造型自由度，提高了安全性。

4. 电子控制技术的应用

电子控制技术应用于轿车车身，改变了驾驶操纵形式和操纵结构的外观，提高了轿车的自动控制能力，如自动巡航装置等。室内环境的自动控制有利于创造一个舒适的驾乘环境。另外，车身自动控制安全系统和传统的驾驶员获得汽车行驶状况信息的方式的彻底变更(车况信息在风窗玻璃上投影显示等)，进一步提高了轿车行驶的安全性。

5. 计算机技术的应用

从车身设计的手段来看，计算机的辅助设计系统，创造了更高的设计效率，能够提供多种车型方案。车身结构设计因为进行了有限元结构分析而变得更加合理(即轻量化、安全性)。

6. 空气动力学的研究及应用

汽车空气动力学的研究结果，对轿车车身造型设计产生着直接的影响。在轿车车身的



外形设计中,如何应用空气动力学原理来塑造车身体形已成为轿车车身造型设计主要考虑的方面,包括车身外形应保证汽车高速行驶时有很好的横向风稳定性,降低车身空气动力的噪声,提高车内自然通风效果等。

7. 人体工程学的研究及应用

人体工程学的研究及应用是改进汽车使用性能的最直接的措施,特别是对驾驶条件及乘用环境的改进尤为显著,是进行车身室内布置设计的理论依据。现代轿车的内饰设计是从“人-车-环境系统工程”的理论来考虑的,不仅座椅、仪表板及所有操纵控制装置的尺寸和形状及位置是以人体工程的基本原理为依据的,而且车内空间尺寸由人体尺度决定,内饰的色彩、质感等也是以适应人的心理要求来设计的,从而达到给乘员以舒适、轻松的心理感觉。

8. 安全问题、公害问题和车身抗腐蚀方面的法规和标准

近年来,关于轿车的安全性、公害限制、抗腐蚀方面的法规和标准已成为车身设计必须要考虑的因素。反过来,这些法规和标准促进了车身结构、新材料、新技术的不断发展,同时,也促进了人体工程学的研究内容进一步深化。

1.1.2 轿车车身设计的要求及原则

轿车车身独特的使用性能要求和使用的环境,决定了现代轿车车身设计所必须满足的要求和需要达到的目的。这些要求和目标主要有以下方面。

(1) 车身结构强度必须能够承受在其整个使用寿命内可能达到的所有静力和动力载荷。

(2) 车身布置必须提供舒适的室内空间、良好的操纵性和乘坐方便性以及大自然影响的抵御能力。

(3) 车身必须具有良好的对车外噪声的隔音能力。

(4) 车身的外形和布置必须保证驾驶员和乘员有良好的视野。

(5) 车身材料必须是轻质的,以使整车重量降低。

(6) 车身外形必须具有低的空气阻力,以节省能源。

(7) 车身结构和装置措施必须保证在汽车发生事故时对乘员提供保护。

(8) 车身结构材料必须来源丰富、成本低,所选择的材料必须能够实现高效率的制造和装配。

(9) 车身结构设计和选材必须保证车身在整个使用期间满足对冷、热和腐蚀的抵抗能力的要求。

(10) 车身的材料必须具有再使用的性能。

(11) 车身的制造成本应足够低。

总之,从决定车身设计的因素和车身设计必须满足的要求来看,在进行轿车车身设计时必须遵循以下设计原则。

(1) 车身外形设计的美学原则和最佳空气动力特性原则。

(2) 车身内饰设计的人机工程学原则。

(3) 车身结构设计的轻量化原则。

(4) 车身设计的“通用化、系列化、标准化”原则。

(5) 车身设计符合有关的法规和标准。

(6) 车身开发设计的继承性原则。

1.2 轿车车身的发展概况

自1886年德国工程师卡尔·奔驰发明第一辆汽车以来,随着汽车技术的不断进步,以及人们审美观和欣赏标准的不断提高,汽车造型由最初的厢型向多种多样的流线型演变。在这个历史的发展过程中,设计师不断地协调着材料、结构、工艺、技术与造型美及形式之间的矛盾关系,使设计出来的汽车既符合功能要求,又符合人的审美要求。现代汽车造型设计的特征至少体现在功能与形式上的变化发展、风格的演变,以及与之相关联的科学技术、社会生活、文化观念、消费心理、审美情趣等因素的有机结合与统一。

自从第一辆汽车诞生后,世界各国都争先恐后地生产自己设计的汽车。那时的汽车尚未解决行驶中的诸多问题,因此对车身造型也就无暇顾及,敞篷或布篷的马车车厢就自然地成为代用品。随着发动机水平的提高,变速器、传动装置的完善,特别是充气轮胎的使用,汽车速度也由每小时十几千米提高到几十千米。坐在车内的人们首先感到迎面而来的风难以忍受,因此,风窗玻璃和用木头制成的像箱子一样的车身开始采用,由此开创了车身设计的先河。轿车车身的发展过程中最富有特色、最具直观感的首先是车身外形的演变,它经历了具有里程碑意义的5个代表阶段,分别是厢形车、甲壳虫形车、船形车、鱼形车和楔形车。图1.1所示为轿车车身外形的演变过程。

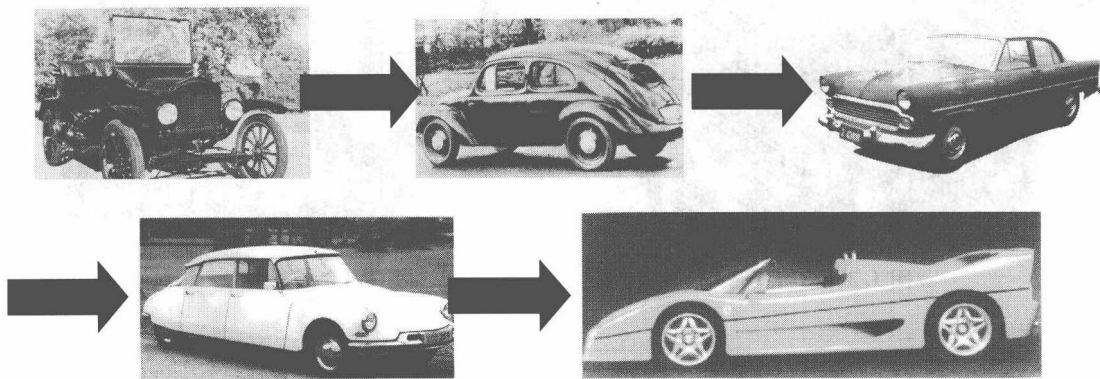


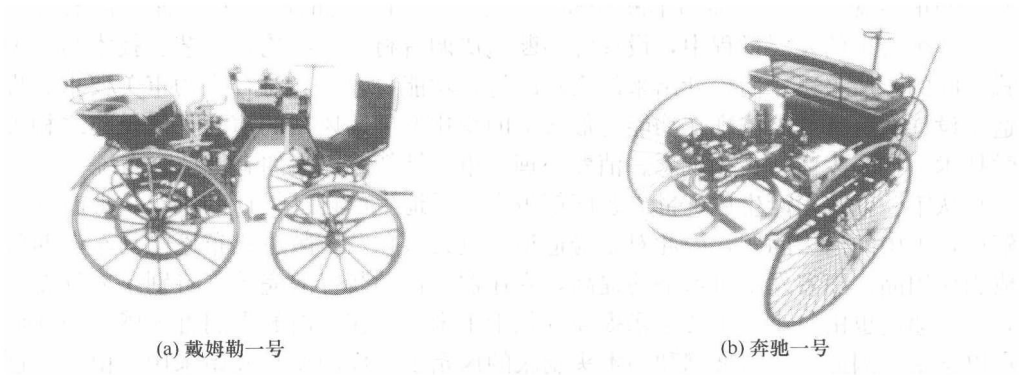
图 1.1 轿车车身外形的演变过程

1.2.1 原始的厢形车身

世界上的第一部汽车“戴姆勒一号”或是“奔驰一号”都是“马”与“发动机”两个动力源互换的产物。它的车身与马车的形状没有区别,还无车身外形设计可言,如图1.2所示。车身只是一个马车篷。随着乘坐舒适性要求的发展,车身上加装了挡风板、挡泥板等构件。1915年福特T形车问世以后便出现了“厢形车身”(图1.3)。车身由简陋的帆布篷发展为带有木质框架的厢形车身,由此预示着车身外形设计的开端。那一阶段的车形都属于厢形车。新加入的元素,如散热器罩、发动机通风口和轮罩上的豪华装饰件,使得厢形车变得越来越漂亮了,“劳斯莱斯·银灵”就是其中的经典(图1.4)。但是这一



系列变化只是为了汽车更豪华漂亮，并不是为了别的要求，所以车形本身没有变化。然而，就是这种车的出现，完成了汽车工业的两大突破，一是汽车上的一万多只零件全部标准化；二是采用了流水线装配的生产方式。这奠定了汽车工业发展到今天的基础。20世纪20年代，由于机床制造业的发展，薄板冲压件焊接结构厢形车身开始被广泛采用，如图1.5所示。



(a) 戴姆勒一号

(b) 奔驰一号

图 1.2 最早的汽车车身

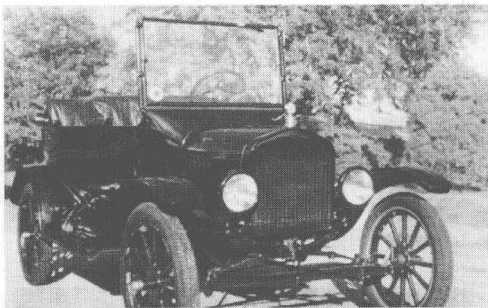


图 1.3 福特 T 形车

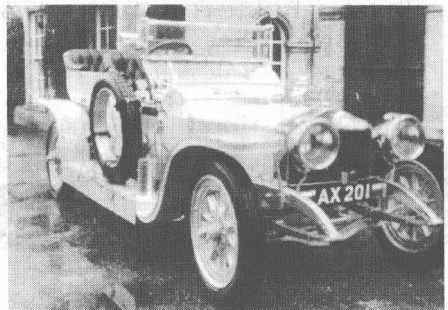


图 1.4 劳斯莱斯·银灵

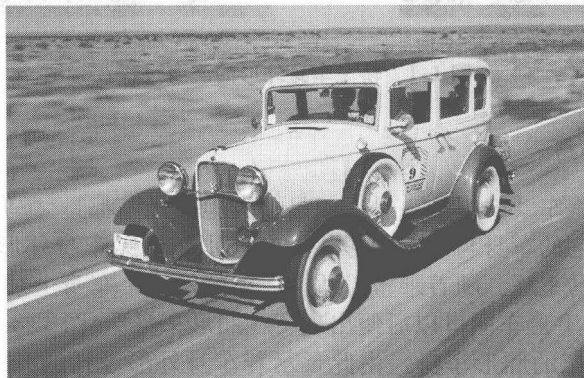


图 1.5 冲压成型的车身

厢形车车身高大，人们有足够的活动空间(根据这一原则，人们今天仍在生产旅行轿车和多用途车，不过这已是人们有意识的设计)，然而巨大空间带来了巨大的空气阻力，要想让车速加快，最初的简单想法就是依靠加大发动机的功率来克服空气阻力。而增加动力必须增加发动机的缸数，设计师们开始把单缸发动机变成四缸、六缸甚至八缸，于是出现了图 1.6 所示的车身外形。

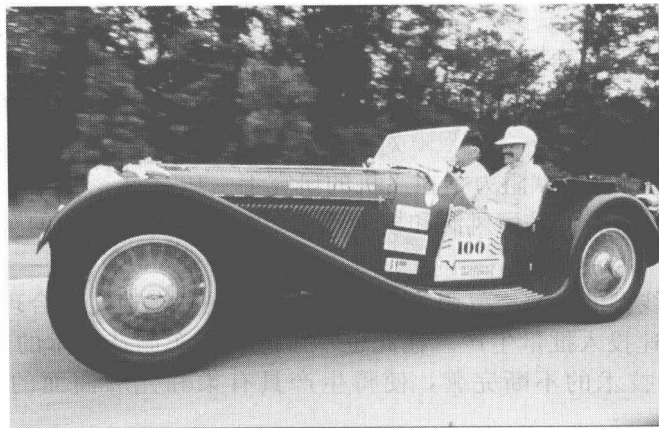


图 1.6 带有 8 缸发动机的车身外形

如果在车重不变的情况下，速度和功率成正比，速度要提高一倍，功率就要翻两倍。实际上这种假设是不正确的，其原因是存在空气阻力和轮胎的滚动阻力。滚动阻力是大致恒定的，而空气阻力则不然。如图 1.7 所示，当速度超过 60~70km/h，空气阻力逐渐增大，超过 100km/h，功率几乎全部消耗在克服空气阻力上了。由此人们注意到，良好的车身外形设计的主要内容是要减小空气阻力。

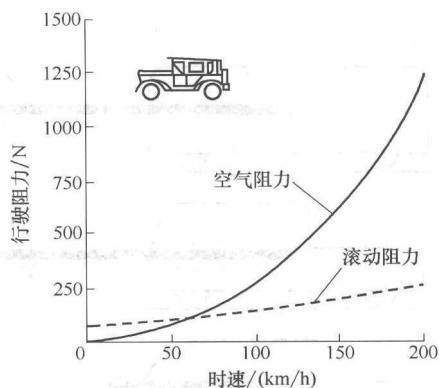


图 1.7 车速与阻力的关系

众所周知，风阻与迎风面积有关，减小迎风面积可以减小阻力。那么，从车身正面看，首当其冲的就是要降低汽车的高度。

表 1-1 中列出了车身高度变化情况。

表 1-1 车身高度变化情况

年份	1900	1910	1920	现代
车高/m	2.7	2.4	1.9	1.4

车高与车速关系如图 1.8 所示。车宽不变，车高由 2.7m 降低到 1.4m，车速由 80km/h 提高到 120km/h，提高了 50%。

由于宽度的减小是受到稳定性和舒适性的限制的，所以现代汽车的宽度非但没有减小，反而还大了一些。这也是汽车的横断面由最早的方形变为现在的椭圆形的原因。

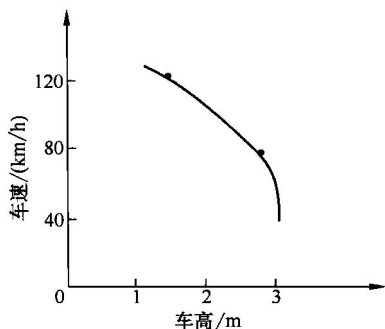


图 1.8 车高与车速的关系

1.2.2 体现空气动力学原理的甲壳虫形车身

汽车排出的废气在汽车尾部缭绕，甚至尘埃、纸片也随着废气飞扬，这就是涡流现象。汽车产生涡流耗损能量，从而阻碍汽车的前进。对厢型车而言，在前风窗玻璃、车顶，特别是汽车后部产生涡流而形成的形状阻力占涡流耗损能量中的很大比例。减小迎面阻力的措施比较简单，降低整车高度即可。但是涡流问题不是凭人的经验或感受就能解决的。

对涡流的研究是 1911 年由英国人卡门进行的。最早应用卡门涡流原理减小形状阻力是在飞机的研究上。1934 年密执安大学的雷依教授进行了具有历史意义的试验：采用风洞和模型汽车，测量了各种形状的车身的空气阻力系数，如图 1.9 所示。

可以看出，流线型的车身空气阻力最小，有利于提高车速，其合理性显而易见，所以流线型的车身迅速投入批量生产。在此也不可忽视汽车制造技术的进步所起的作用，机床制造业和冲压技术的不断完善，使得生产具有柔和光顺曲面的流线型车身成为可能。

1934 年生产的克莱斯勒·气流牌小客车(图 1.10)，是最早的流线型汽车。1936 年生产的高级林肯·和风牌轿车又前进了一步，精心设计了散热器罩，使之更为精练，具有动感，如图 1.11 所示。

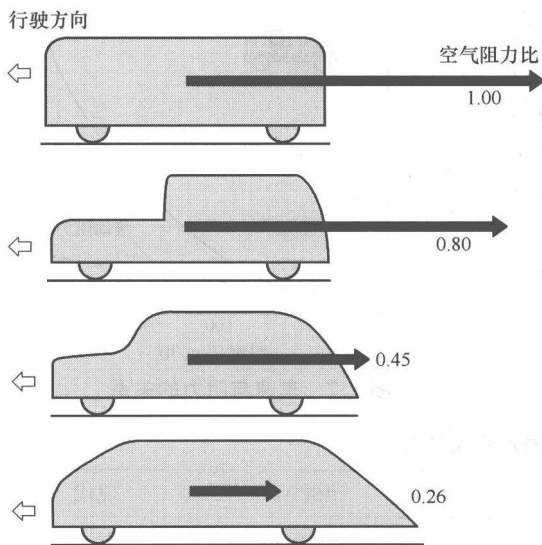


图 1.9 各种形状与阻力的关系

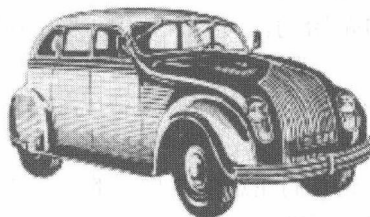


图 1.10 1934 年的克莱斯勒·气流牌轿车图

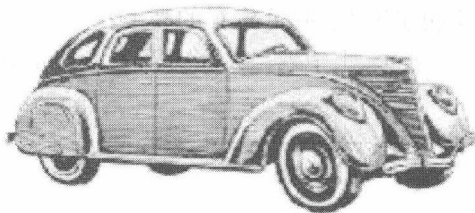


图 1.11 林肯·和风牌轿车

然而，真正达到减小空气阻力目的的流线型轿车，直到 1935 年貌似甲壳虫的伏克斯瓦根小客车问世，才得以实现，如图 1.12 所示。

甲壳虫不仅能在地上爬，也能在空中飞，其体形符合空气动力学性能，空气阻力小。