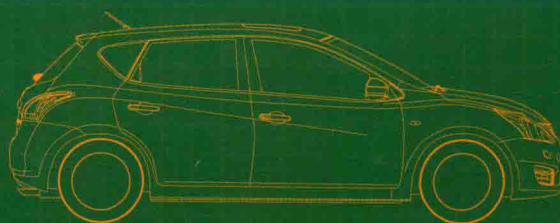


汽车车身系统



主 编 © 刘克铭

汽车车身系统

主 编 刘克铭

副主编 冷岳峰 李惟慷 朱占平

主任委员：毛 君 何卫东 苏东海

副主任委员：于晓光 单 鹏 曾 红 黄树涛

舒恩林 国 雨 王学俊 傅广艳

刘树伟 陈永合 董浩存

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

机械工业出版社北京分社 010-68254380

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车车身系统/刘克铭主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 11

ISBN 978 - 7 - 5640 - 8808 - 8

I. ①汽… II. ①刘… III. ①汽车 - 车体结构 IV. ①U463. 82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 013823 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 24.5

字 数 / 561 千字

版 次 / 2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷

定 价 / 66.00 元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

编写说明

编委会名单

主任委员：毛 君 何卫东 苏东海

副主任委员：于晓光 单 鹏 曾 红 黄树涛

舒启林 回 丽 王学俊 付广艳

刘 峰 张 珂

委 员：肖 阳 刘树伟 魏永合 董浩存

赵立杰 张 强

秘 书 长：毛 君

副 秘 书 长：回 丽 舒启林 张 强

机械设计与制造专业方向分委员会主任：毛 君

机械电子工程专业方向分委员会主任：于晓光

车辆工程专业方向分委员会主任：单 鹏

理工科院校机械工程学科建设和教材编写专家指导委员会

编写说明

根据教育部教高〔2011〕5号《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》和“卓越工程师教育培养计划”的精神要求，为全面推进高等教育理工科院校“质量工程”的实施，将教学改革的成果和教学实践的积累体现到教材建设和教学资源统合的实际工作中去，以满足不断深化的教学改革的需要，更好地为学校教学改革、人才培养与课程建设服务，确保高质量教材进课堂，由辽宁工程技术大学机械工程学院、沈阳工业大学机械工程学院、大连交通大学机械工程学院、大连工业大学机械工程与自动化学院、辽宁科技大学机械工程与自动化学院、辽宁工业大学机械工程与自动化学院、辽宁工业大学汽车与交通工程学院、辽宁石油化工大学机械工程学院、沈阳航空航天大学机电工程学院、沈阳化工大学机械工程学院、沈阳理工大学机械工程学院、沈阳理工大学汽车与交通学院、沈阳建筑大学交通与机械工程学院等理工科院校机械工程学科教学单位组建的专委会和编委会组织主导，经北京理工大学出版社、理工科院校机械工程学科专委会各位专家近两年的精心组织、准备和调研沟通，以创新、合作、融合、共赢、整合跨院校优质资源的工作方式，结合理工科院校对机械工程学科和课程教学理念、学科建设和体系搭建等的研究建设成果，按照当今最新的教材理念和立体化教材开发技术，本着“整体规划、制作精品、分步实施、落实到位”的原则，本书编委会编写了这套机械设计与制造、机械电子工程及车辆工程等机械工程学科课程教材。

本套丛书力求结构严谨、逻辑清晰、叙述详细、通俗易懂，全书有较多例题，便于自学，同时注意尽量多给出一些应用实例。

本书可供高等院校理工科类各专业的学生使用，也可供广大教师、工程技术人员参考。

理工科院校机械工程学科建设及教材编写专委会和编委会

前言

Qianyan

近年来，我国的汽车工业发生了飞速的变化与发展。我国的汽车产量及保有量逐年增加，2012 年我国的汽车产量已超过 1200 万辆，已跻身世界汽车生产大国的行列。随着我国国产汽车产业的发展和壮大，汽车主体的自主创新意识增强，民族品牌汽车逐渐发展和壮大，汽车行业将需要大批优秀的汽车车身设计的技术人才。为此，国内许多高校都开设了汽车车身相关课程。作为未来的车身设计师，既要掌握车身系统的结构，同时也要掌握车身系统的设计理论与方法。

本教材的编写是为了适应高校教学的要求和我国汽车工业迅速发展的需要。本书阐述了轿车、客车、货车的车身结构与设计方法，同时介绍了车身设计过程中的主要问题，如车身的振动特性、人机工程学等，对车身设计中的安全性及试验安全性进行了分析。在分析汽车车身设计中的理论问题的同时，本书加强了理论与实际的联系。

本书可作为高等学校车辆工程、汽车运用工程等专业的本科生和研究生的教材或教学参考书，也可供汽车制造厂、汽车改装厂、汽车修理厂和其他车辆制造部门及有关科研单位的工程技术人员参考。本书由刘克铭担任主编，由冷岳峰、李惟慷、朱占平担任副主编。全书共分 12 章，其中，第 1 章、第 5 章、第 9 章由刘克铭编写，第 2 章、第 3 章、第 4 章由冷岳峰编写，第 6 章、第 7 章、第 8 章、第 11 章、第 12 章由李惟慷编写，第 10 章由朱占平编写。本教材在编写的过程中得到了辽宁工程技术大学机械学院的大力支持。在此表示衷心的感谢！受水平和条件所限，书中难免有错漏之处，诚恳地欢迎使用本书的师生和广大读者批评指正。

编者

第1章 概述	1
1.1 车身的结构分类	1
1.2 白车身结构设计简介	2
1.3 性能设计要求	3
1.4 车身设计的要求	7
第2章 轿车的车身结构	9
2.1 轿车的车身结构及其分类	9
2.1.1 轿车的定义及其特点	9
2.1.2 轿车的车身结构	9
2.1.3 轿车的分类	13
2.2 轿车的车身结构件	20
2.2.1 前部结构件	20
2.2.2 客厢结构件	21
2.2.3 轿车车身后部结构	27
2.2.4 车身覆盖件	27
2.3 轿车车身的设计特点	30
2.3.1 设计原则	30
2.3.2 轿车车身设计的技术要求	30
2.3.3 轿车车身布置	31
第3章 车身附件	43
3.1 车门、车窗及其附件	43
3.1.1 车门的结构	43
3.1.2 车门附件	48
3.1.3 车窗	57
3.1.4 车窗的附件	59

目 录

Contents

3.2 座椅设计	60
3.2.1 汽车座椅的类型	60
3.2.2 汽车座椅设计的要求	60
3.2.3 汽车座椅的结构	65
3.2.4 汽车座椅主要部件的设计	66
3.3 空调、隔热、密封与防振	68
3.3.1 通风系统	69
3.3.2 采暖装置	72
3.3.3 冷气装置	78
3.3.4 车身的隔热与密封	87
3.3.5 车身的隔振与降噪	91
第4章 客车和货车的车身结构设计	95
4.1 客车车身的结构及其分类	95
4.1.1 客车车身的定义	95
4.1.2 客车车身的分类方法	95
4.2 客车车身的总布置设计	102
4.2.1 发动机与车门的布置	102
4.2.2 外廊尺寸和有关总布置尺寸	104
4.2.3 车厢布置及横截面尺寸	105
4.2.4 座椅尺寸参数	111
4.2.5 备胎、油箱和蓄电池的布置	113
4.2.6 仪表板的布置	114
4.3 车架及车身骨架的设计	115
4.3.1 车架的设计	115
4.3.2 车身骨架的设计	118
4.4 蒙皮及客车内部覆盖件的设计	121
4.4.1 外蒙皮的设计	121

4.4.2	内部护板的设计	124
4.4.3	地板的设计	124
4.5	货车的分类及特点	125
4.5.1	货车的分类	125
4.5.2	货车驾驶室的特点	126
4.5.3	货箱的特点	127
4.6	货车车身的结构	128
4.6.1	驾驶室的结构	128
4.6.2	货箱的结构	134
4.6.3	车前板制件	139
4.6.4	驾驶室悬置方法	140
4.6.5	车身的辅助机构	142
4.7	货车车身的总布置设计	144
4.7.1	驾驶室的设计布置	145
4.7.2	货箱的设计布置	149
第5章	车身产品的开发流程和设计方法	152
5.1	概述	152
5.2	现代车身产品的开发流程和方法	159
5.3	基于知识的产品开发	180
第6章	基于人机工程学的车身总布置设计	185
6.1	车身总布置概述	185
6.1.1	车身总布置的原则	185
6.1.2	车身总布置中应考虑的性能要求	186
6.1.3	车身总布置的内容	191
6.2	基于人机工程学的车身布置设计	198
6.3	车室内部的布置设计	204

目 录

Contents

第7章 车身的结构拓扑模型与力学模型	211
7.1 作用在车身（车架）系统上的载荷	211
7.2 车身结构的拓扑模型	220
7.3 车身结构的力学特性和力学模型	225
第8章 车身的振动特性	235
第9章 车身 NVH 特性的研究	241
9.1 汽车的 NVH 特性	241
9.2 NVH 特性的设计方法	245
9.3 刚弹耦合系统的仿真分析	248
9.4 声固耦合系统的仿真分析	253
9.5 统计能量分析及其应用	263
9.6 车内的降噪措施	268
9.7 NVH 特性研究的试验方法	274
第10章 车身的抗撞性	277
10.1 概述	277
10.2 车身抗撞性的要求和设计	281
10.3 车身抗撞性分析法和模拟技术	305
10.4 车身抗撞性试验	314
第11章 汽车车身结构 CAD 技术和有限元分析	322
11.1 汽车车身结构的力学分析	325
11.2 汽车车身结构分析和模型建立	331
11.3 汽车车身 CAD 技术	333
11.4 汽车车身有限元分析	340

11.4.1	汽车车身有限元模型建立的步骤	340
11.4.2	汽车车身有限元模型的建立	342
第12章	汽车车身安全性	346
12.1	汽车安全性法规和标准	346
12.1.1	汽车技术法规与标准	346
12.1.2	世界主要安全技术法规的特点及项目	349
12.2	汽车主动安全性和安全系统	350
12.2.1	汽车的行驶安全性	350
12.2.2	主动安全技术	351
12.3	汽车被动安全性	354
12.4	碰撞安全性对车身结构的要求	357
12.5	汽车被动安全性的试验方法和设备	361
12.5.1	实车碰撞试验	362
12.5.2	零部件模拟碰撞试验——台车试验	365
12.5.3	零部件台架试验	369
12.5.4	碰撞试验用人体模型	372
参考文献		375

第1章 概述

1.1 车身的结构分类

汽车车身是汽车整车的重要组成部分,其结构主要由以下几部分组成:车身本体(白车身)、开闭件、座椅、车身内外装饰件、车身附件以及其他附属设备等。在货车和专用汽车上还包括货箱和其他专用装备。

车身本体是包容整车的壳体,是一切车身部件的安装基础,其通过纵梁、横梁和支柱等主要承力部件以及与它们相连接的钣金共同组成一个封闭的刚性空间结构。它是车身承载能力的基础,为保证车身所要求的结构强度和刚度,客车车身多数具有明显的骨架,而轿车车身则多用副车架。此外,敷设于其上的隔声、隔热、防震、防腐、密封等材料及涂层也属于车身本体的组成部分。

开闭件主要包括车门、发动机罩、行李箱盖等,通常通过铰链安装在车身本体上,是保证车身使用性能的重要部件。

车身外部装饰件主要是指前后保险杠、前隔栅、后视镜等,防擦条、车轮装饰罩、标志等外部装饰类附件亦有明显的装饰性。

车身内部装饰件包括仪表板、副仪表板等车身内装件结构,以及车身顶棚、车门和侧围装饰板、地毯等车身室内装饰结构。在轿车上广泛采用天然或合成纤维的纺织品、人造革或复合层压材料、连皮泡沫塑料等表面覆饰材料;在低端车型上则常用纤维板、纸板、工程塑料板以及复合装饰板等覆饰材料。座椅也是车身内部的重要装置,由座椅骨架、坐垫、靠背、头枕和调节机构等组成。坐垫和靠背一般为塑料材料整体成型,具有一定的弹性。调节机构可使座位前后或上下移动以及调节坐垫和靠背的倾斜角度。某些高端座椅还有弹性悬架和减震器,可对其弹性悬架加以调节以便在驾驶人不同的体重作用下仍能保证坐垫离地板的高度适当。

车身附件主要包括锁系统、铰链、玻璃升降器、玻璃导轨、气撑杆、各种密封件和限位机构、前后刮水器、风窗洗涤器、遮阳板、后视镜、点烟器、烟灰盒、拉手等。在高端汽车车身上还配有无线电话机、电视机或小型电冰箱等附属设备。

为维持车内的正常环境、保证驾驶人和乘客感到舒服,车身内部需配有通风、暖气、冷气等空气调节装置。通过增加座椅安全带、头枕、气囊以及汽车碰撞时防止乘员受伤的各种缓冲和包垫装置来保证驾驶人以及乘客的行车安全。按照运载货物的不同种类,货车车厢可以是普通栏板式结构、平台式结构、倾卸式结构、闭式车厢,或者是气、液罐以及运输散粒货物(谷物、粉状物等)所采用的气力吹卸专用容罐,以及适于公路、铁路、水路、航空

联运和国际联运的各种标准规格的集装箱。

一般来讲,比较明确而又合理的分类形式应从结构和设计观点出发。按照车身承载形式来分,可将车身分为非承载式、半承载式和承载式三大类。

1. 非承载式(有车架式)

一般货车(除微型货车)、大客车、专用汽车及大部分高级轿车上都装有单独的车架,车身上的载荷主要由车架来承受,但车身仍在一定程度上承受由车架弯曲和扭转变形所引起的载荷。

2. 半承载式

半承载式车身是一种过渡的结构,车身下部仍保留有车架,不过它的强度和刚度要低于非承载式的车架,一般称之为“底架”。它之所以被命名为半承载式是出于以下考虑:让车身也分担部分载荷,以此来减轻车架的自重。这种结构形式主要用在大客车上。

3. 承载式(无车架式)

承载式车身无车架,车身的强度和刚度通常主要由车身下部予以保证,一般中低档轿车的车身属于承载式车身。

1.2 白车身结构设计简介

车身的总体尺寸和形状以及承载的结构型式确定后,即可着手进行细致的结构分析与设计。设计车体结构大致按以下步骤进行:

确定整个车体应由哪些主要的和次要的构件组成,使其成为一个连续的、完整的受力系统;确定主要杆件采用怎样的截面形式(闭式的或开式的)。

确定如何构成这样的截面、截面与其他部件的配合关系、密封或外形的要求、车身上的内外装饰板或压条的固定方法以及组成截面的各部分的制造方法及装配方法等。

对各个截面的初步方案制定以后,可以绘制由一个截面过渡到另一个截面的草图、杆件连接结构草图以及与此同时所形成的外覆盖件草图。

将车体分成几个分总成,例如一般三厢车可以分成四门两盖、底板、发动机舱、侧围、顶盖、后围等;按分总成对车身进行分块,在主要的大型冲压件间的接缝处划线并注明连接形式,以便与制造部门进行商榷,同时进行应力分析计划,进行详细的主图板设计,并画出零件图。

车身结构示意图如图1-1所示。

车身骨架设计应满足车身刚度和强度的要求。刚度不足,会引起车身的门框、窗框、发动机舱口及行李箱口的变形,车门卡死;低刚度必然伴有低的固有振动频率,易发生结构共振和声响,并削弱结构接头的连接强度;此外,其还会影响安装在底架上的总成的相对位置,而强度不够则将引起构件出现裂纹和疲劳断裂。

在进行上述具体设计前,首先要了解车身结构设计的要求以及如何实现这些要求,在技术还不是太成熟时可以借鉴在别的车型上所积累的经验。

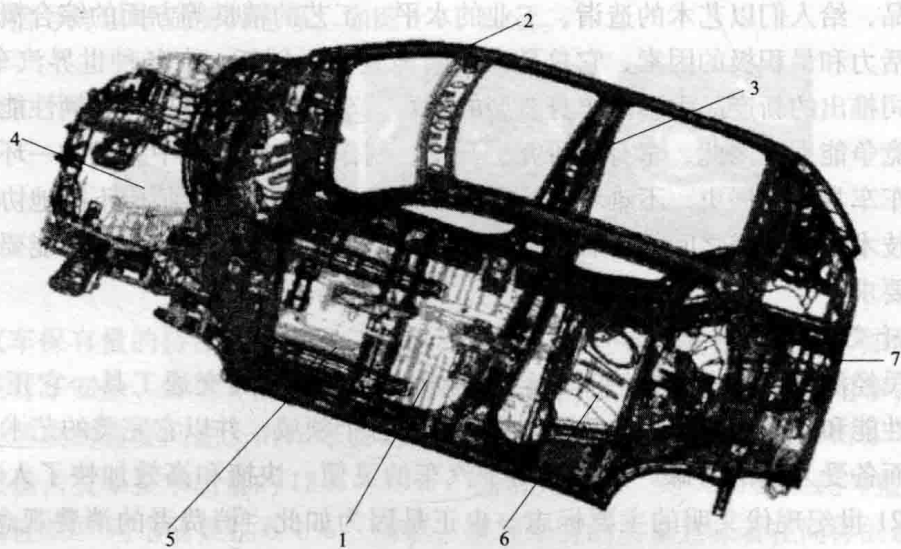


图 1-1 车身结构示意图

1—车身骨架下部总成；2—侧围总成；3—顶盖部分；
4—发动机舱总成；5—前地板总成；6—后地板总成；7—后围板总成

1.3 性能设计要求

汽车工业作为国民经济的支柱产业，其发展带动了钢铁、材料、机械、电子、轻工、化工等行业的发展，综合地反映了国家的物质文明和精神文明水平。

汽车由发动机、底盘、车身、电气系统四大部分组成，如图 1-2 所示。汽车车身是汽车的“上层建筑”，给人们以直观形象，不仅是驾驶员、乘客、货物的承载体，而且是一种

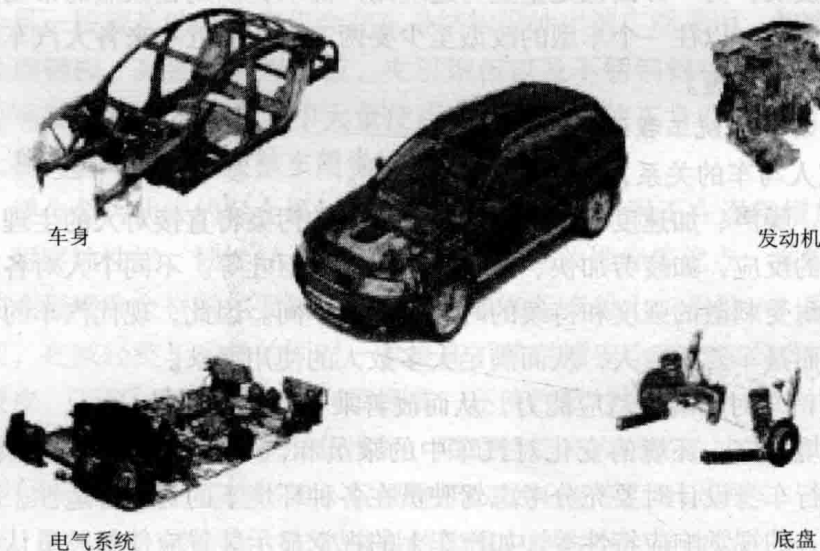


图 1-2 汽车的四大组成部分

工业艺术产品,给人们以艺术的造诣、工业的水平、工艺的精良等方面的综合概念,是汽车工业中最有活力和最积极的因素,它总是在不断地变化、创新。在各种世界汽车博览会上,各大汽车公司推出的新产品无不以车身造型的新颖、车体制作的精良、车辆性能的优越来表现其市场的竞争能力。因此,车身的研究、开发、制作是汽车工业中关键的一环。

纵观汽车车身的发展史,不难看出,车身设计的实质就是设计师们不断地协调材料、结构、工艺、技术与造型美之间的矛盾关系,使设计出来的汽车既能满足其功能要求又能满足人们的审美要求。

1. 造型千变万化

随着国民经济的蓬勃发展,汽车已经逐渐成为不可或缺的交通工具。它正以惊人的数量、卓越的性能和多样化的用途渗透到人类生活的各个领域,并以它完美的艺术造型和舒适的内部设施而备受人们的青睐。同时,由于汽车的灵便、快捷和高效加快了人们的生活节奏,其成为21世纪现代文明的主要标志。也正是因为如此,消费者的消费观念更趋感性,对汽车的需求偏好也逐步发生变化、升级。人们已不再仅仅满足于产品功能上的要求,更加注重品牌理念和审美价值。这就要求汽车不仅要在其结构和性能方面不断提高,而且在艺术造型方面也要不断有新的突破,以使其更具人性化、更有情感和生命力。

汽车车身造型是工业造型的重要组成部分,人们用艺术手法给汽车活力、时代感、动感,反映国家、民族乃至汽车工业的风格和特色,反映国家机械、电子、化工、材料工业的水平。要推出一个新颖的、有市场竞争能力的、有高度经济效益的车身,需要积汇大量的车身资料、设计经验,绘制大量的车身构思图形,并结合空气动力学的有关知识,用素描、绘画、摄影及计算机图形技术等来提供新车型的艺术形象,塑造各种小比例模型或1:1实体模型以综观新车型的全貌和造型的魅力。目前,快速现代化流线型轿车、大型豪华旅游客车、各种造型威猛的载货汽车像诗歌、图画一样,给人以美的享受,充分体现了车身设计的重要性。

汽车车身的造型千变万化,其设计周期也愈来愈短。这一方面得益于汽车造型设计和车身制造技术的迅速发展,另一方面也是企业为适应用户需求,以期在激烈的市场竞争中占据主导地位所采取的手段。以往一个车型的改型至少要两三年,而近年来各大汽车公司的改型周期都缩短到一年甚至更短。

2. 与人-车-环境系统工程结合

(1) 不断研究人与车的关系,提高乘坐的舒适性。

乘员数、振动、噪声、加速度、相对运动及空气中的污染将直接对人的生理和心理产生与静止时完全不同的反应,如疲劳加快、晕眩、恶心以及呕吐等。不同个人对各种刺激的反应有较大的区别,耐受刺激的强度和持续的时间也有所不同。因此,现代汽车的设计理念已不再是人适应车,而是车要适应人,从而满足大多数人的使用要求。

(2) 不断提高汽车对环境的适应能力,从而改善乘客的工作环境。

汽车的使用环境很广,环境的变化对汽车中的乘员和汽车本身的力学性能都将造成影响。这就要求在进行车身设计时要充分考虑驾驶员在各种环境下的驾驶舒适性,包括人体的生物力学特性以及人的视觉响应特性等。如汽车上的视觉显示装置应使驾驶员认读准确、迅速且不易疲劳;在驾驶室内安装空调以充分保证驾驶室的工作环境舒适;为了保证在雨雪天气驾驶员有足够的视野,在汽车上必须要安装刮水器以及除霜、除雾装置;在车辆上安装各

种照明灯和信号灯以增强视认性等，如图 1-3 所示。

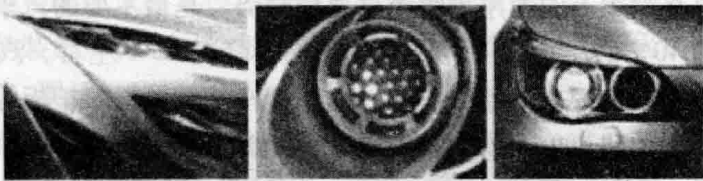


图 1-3 各种汽车灯具

由于汽车保有量的持续高速增长，能源、环保、安全等问题日益严重。如何提高汽车性能，以保证行车安全、舒适，降低油耗以及有害气体的排放，提高资源利用率，是汽车工业发展中需要解决的首要问题。汽车车身对轿车和客车来说占整车质量的 40%~60%，货车驾驶室的质量占货车整车质量的 15%~30%。据研究表明，约 70% 的油耗与整车质量有关，整车质量减轻 10% 可节省燃油 6.6%。所以，减轻车身的质量意味着在同样的燃油消耗时可提高汽车的承载能力或在同样的承载能力时降低汽车的燃油消耗。同时，减轻整车质量还可以减少车轮的磨损、延长汽车的使用寿命。采用优质材料（合金钢）、轻金属（铝合金、镁合金）、非金属材料（塑料、玻璃钢等）和新型复合材料是实现汽车车身“轻量化”的主要途径。表 1-1 是奥迪 A6 轿车材料的构成。

表 1-1 奥迪 A6 轿车材料的构成

材 料	占总材料/%	材 料	占总材料/%	材 料	占总材料/%
钢铁	58.3	镁	1.2	天然材料	0.6
塑料	17.1	橡胶	5.6	铜/铝	2.1
铝	11.6	玻璃	2.6	其他	0.9

钢板的强度高、吸能特性好、制造工艺性好，便于流水线生产，可制成形状复杂的零件，故在今后一段较长的时间内仍会在车身结构设计中被广泛采用，如冷轧钢板、高强度钢板、表面处理钢板、高强度拼焊钢板、夹层钢板以及不锈钢钢板等都是现今车身的主要材料。奔驰公司就在 SLK 车身骨架中大量使用高强度钢，使车身的扭转刚度增加了 70%，在安全性大大提高的同时，也使整车质量减轻。

以铝、镁合金为代表的轻金属材料在汽车车身中的应用正在逐年增加。铝具有塑性好、比强度高、耐腐蚀性好、韧性好、加工成本低及可回收性好等优点。在铝中添加各种合金元素所获得的高强度合金材料主要被用在发动机罩和行李舱上。奥迪 A8 系列车身采用高强度铝合金骨架，在减轻整车质量的同时，也提高了其碰撞安全性。宝马 Z8 车型也是采用了铝合金作为蒙皮，不仅使整车刚度得到了提高，还使汽车的振动减少。镁的密度更小，比强度和比弹性模量较高、抗电磁干扰屏蔽性好、阻尼性能高和减振抗冲击能力强，通常用于制造汽车的仪表衬板和横梁、座椅框架、后视镜架以及托架等。可以预测，在不久的将来，尤其在欧美地区，铝合金、镁合金在车身材料的构成中将占据主导地位。

玻璃钢具有很多优点，广泛用于制造保险杠、车顶盖、导流板、遮阳罩、蓄电池托架、挡泥板等。



3. 前脸部件、裙边部件及车身壳体等

塑料及复合材料在汽车上的使用量每年呈递增趋势,是最主要的汽车轻质材料。它们不仅可以减轻零部件约 40% 的质量,还可以使生产成本降低 40% 左右。汽车上使用复合材料的零件主要有仪表板、门护板、顶盖内护板、地毯、座椅及包裹架护板等,它们基本上是由表皮、隔声减振部分和骨架部分组成。如奔驰 Smart 微型轿车的活动车顶即由塑料制成,雷诺 Espace 和莲花 EHse 轿车也采用了塑料车身。宝马公司的 Z-9 和 Z-22 的车身、M3 系列的车顶篷和车身,通用公司的 Ultralite 的车身,福特公司的 GT40 的车身和保时捷 911 GT3 的承载式车身等都采用了碳纤维增强复合材料。

美国于 1978 年在汽车上所采用的高强度钢、铝合金和塑料各占汽车整车质量的 3.8%、2.3% 和 5.2%,到 1981 年这三种材料所占汽车整车质量的比率上升到 5.9%、4.0% 和 6.1%,在 1990 年达到 40%、9% 和 9%~13%,近年来其还在不断扩大使用范围。不言而喻,汽车轻量化材料的研究与应用已经取得了显著的进展,而且是未来汽车轻量化的主要研究方向。

材料更新除了减轻自身质量外,还使得加工工艺简单、零部件性能优越、外形美观耐用。

4. 车身制造工艺的不断完善

各种大型冲压床和组合模具取代了原始的手工作坊方式,如图 1-4 所示,不仅保证了零部件的成型、安装精度,而且大大提高了生产率。



图 1-4 冲压车间

焊接、喷涂机械手和机器人代替了沉重、危险及简单重复的手工劳动,各种自动线、流水线加快了生产节奏,保证了质量,如图 1-5 和图 1-6 所示。



图 1-5 组焊生产线



图 1-6 喷涂机