

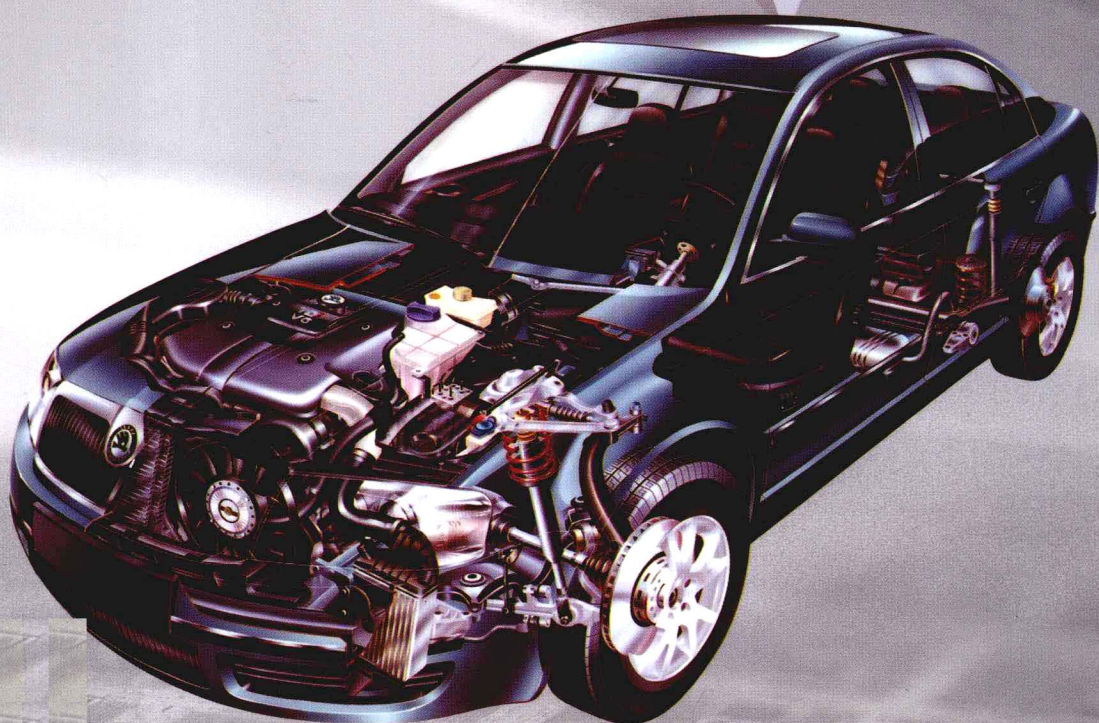


“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

汽车车身结构与设计

QICHE CHESHEN JIEGOU YU SHEJI

曹立波 白忠浩 千年妃 张冠军 主 编



人民交通出版社
China Communications Press

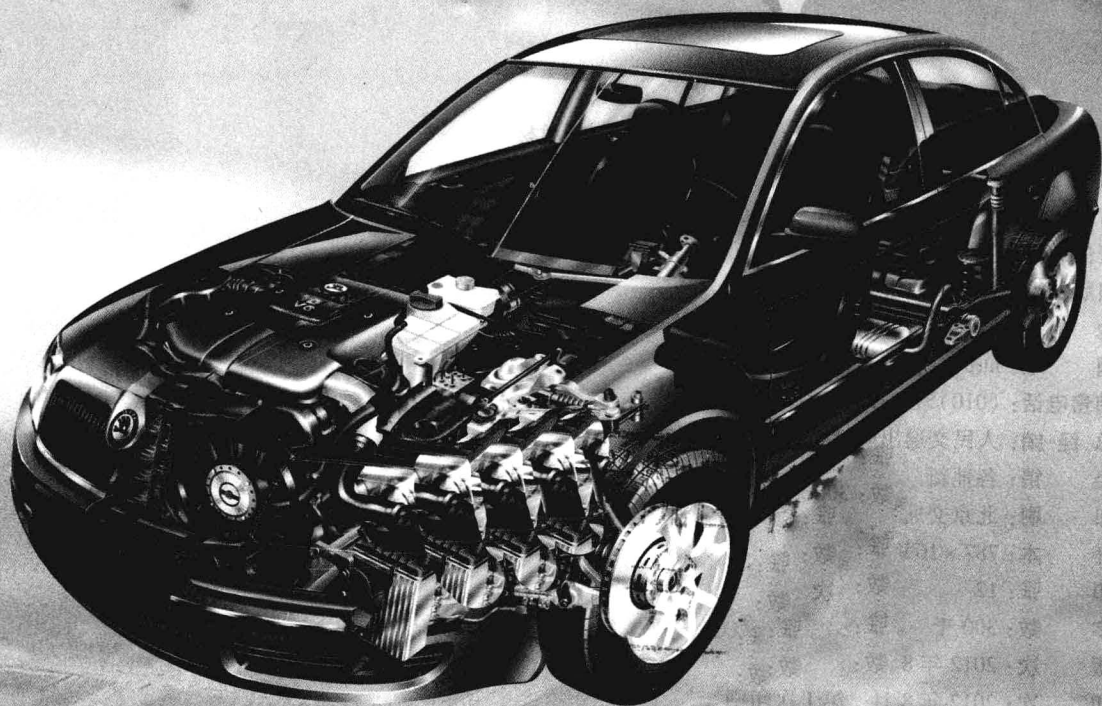


“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

汽车车身结构与设计

QICHE CHESHEN JIEGOU YU SHEJI

曹立波 白忠浩 千年妃 张冠军 主编



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书主要介绍了与车身设计相关的基础知识,典型汽车车身结构、汽车车身主要附件等。在对汽车车身结构的内容组织方面是按照货车、客车和轿车三大类型来划分的,便于系统掌握各车型的典型结构和设计原则。本书为高等院校车辆工程专业的教材,也可作为从事与汽车车身相关工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车车身结构与设计 / 曹立波等主编. —北京 :
人民交通出版社, 2012. 8
ISBN 978-7-114-09975-5

I. ①汽… II. ①曹… III. ①汽车 - 车体结构 - 高等
学校 - 教材②汽车 - 车体 - 设计 - 高等学校 - 教材 IV.
①U463. 82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 174480 号

“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

书 名: 汽车车身结构与设计

著 作 者: 曹立波 白中浩 千年妃 张冠军

责任编辑: 夏 韡

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969、59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 12

字 数: 300 千

版 次: 2012 年 8 月 第 1 版

印 次: 2012 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09975-5

定 价: 24.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

编委会名单

编委会主任

龚金科(湖南大学)

编委会副主任(按姓名拼音顺序)

陈南(东南大学) 方锡邦(合肥工业大学) 过学迅(武汉理工大学)
刘晶郁(长安大学) 吴光强(同济大学) 于多年(吉林大学)

编委会委员(按姓名拼音顺序)

蔡红民(长安大学) 陈全世(清华大学) 陈鑫(吉林大学)
杜爱民(同济大学) 冯崇毅(东南大学) 冯晋祥(山东交通学院)
郭应时(长安大学) 韩英淳(吉林大学) 何耀华(武汉理工大学)
胡骅(武汉理工大学) 胡兴军(吉林大学) 黄韶炯(中国农业大学)
兰巍(吉林大学) 宋慧(武汉科技大学) 谭继锦(合肥工业大学)
王增才(山东大学) 阎岩(青岛理工大学) 张德鹏(长安大学)
张志沛(长沙理工大学) 钟诗清(武汉理工大学) 周淑渊(泛亚汽车技术中心)

前 言

本书主要针对高等院校开设“汽车车身结构与设计”相关课程的需要而编写,旨在介绍汽车车身的典型结构及其特点、汽车车身设计的基本原则、与汽车车身设计相关的一些基本知识等。其中,汽车车身典型结构是按照货车、客车和轿车三大类型来划分的,便于系统归纳各车型的典型结构和设计原则。与汽车车身设计相关的基本知识,主要介绍了汽车车身制图方法、汽车造型和人机工程学的内容,其他相关知识如空气动力学、车身制造工艺、结构强度刚度分析、碰撞安全性分析等由其他课程讲授,本书不再重复。

本书是在长期教学和科研工作的基础上编写而成的,注重理论与实际相结合。全书共分九章,前三章介绍了汽车车身设计的基础知识,第四、五、六章介绍了典型车身结构,第七、八、九章介绍车身附件。曹立波编写了第一、五、六章,白中浩编写了第三、四章,千年妃编写了第八、九章,张冠军编写了第二、七章。

在本书编写过程中,肖慧青、高海涛、陈杰、龙腾姣、唐彪、程文韬、李礼、卢静、何智成等硕士或博士参与了大量的资料收集整理工作,对他们的辛勤劳动,编者在此表示衷心感谢!同时,本书编写中参考了许多相关书籍和研究论文的内容,在此对其作者一并表示衷心感谢!尽管在编写和校对过程中编者都持以小心谨慎的态度,书中仍然可能存在不当之处,敬请读者不吝赐教。

编 者

2012年3月于长沙

目 录

第一章 概述	1
第一节 现代车身设计与制造概述	1
第二节 对车身设计的要求	5
第三节 车身设计中应注意的问题	6
第四节 车身开发流程	7
第五节 车身制图方法概述	12
第二章 汽车车身造型	16
第一节 汽车造型的特点、要求	16
第二节 造型设计的美学原则	24
第三节 形态设计	29
第四节 色彩设计	37
第五节 汽车造型设计过程及评价标准	44
第三章 人一车—环境系统工程基础	47
第一节 人体基本特性及人体模型	47
第二节 汽车驾驶员眼椭圆	54
第三节 汽车驾驶员手伸及界面	61
第四章 货车车身结构设计	65
第一节 概述	65
第二节 货车车身结构	68
第三节 货车车身的总布置设计	81
第五章 客车车身结构及其设计	87
第一节 客车车身结构及其分类	87
第二节 车身总布置设计	93
第三节 车架及车身骨架设计	104
第四节 蒙皮及客车内部覆盖件设计	110
第六章 轿车车身结构及其设计	114
第一节 轿车车身结构及其分类	114
第二节 轿车车身结构件	122
第三节 轿车车身的设计特点	130
第七章 空调、隔热、密封与防振	138
第一节 通风系统	139
第二节 采暖装置	141
第三节 冷气装置	145
第四节 车身的隔热与密封	153

第五节 车身的隔振与降噪·····	157
第八章 车门、车窗及其附件·····	160
第一节 车门的结构·····	160
第二节 车门附件·····	164
第三节 车窗·····	172
第四节 车窗的附件·····	173
第九章 座椅设计·····	175
第一节 汽车座椅的类型·····	175
第二节 汽车座椅设计的要求·····	175
第三节 汽车座椅的结构·····	180
第四节 汽车座椅主要部件的设计·····	181
参考文献·····	183

第一章 概述

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 1-1 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、工艺的精良等方面综合的概念,是汽车工业中最有活力和最积极的因素,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。

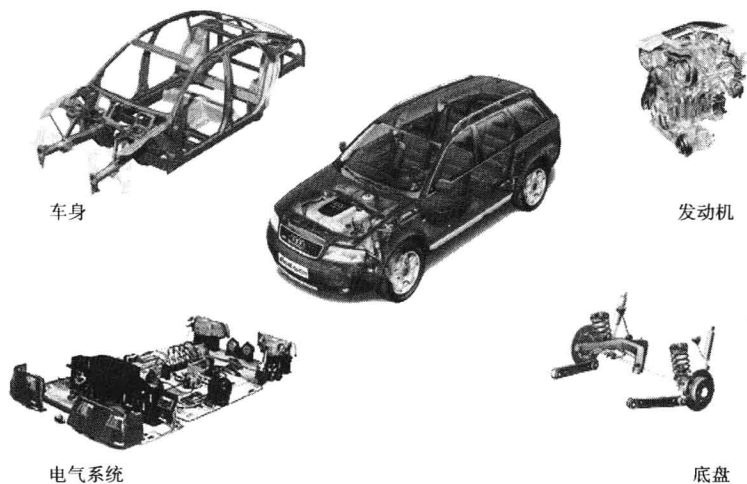


图 1-1 汽车的四大组成

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。

第一节 现代车身设计与制造概述

一、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,使其成为 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,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,用艺术手法给汽车以活力、以时代感、以动态感,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,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,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。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。

二、与人一车一环境系统工程结合

1. 不断研究人与车的关系,提高乘坐舒适性

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,满足大多数人的使用要求。



图 1-2 众多的座椅调节机构

例如,在设计汽车座椅时要参照人体测量学数据确定座椅尺寸,并提供各种调节机构以使乘员能够根据自身需要进行坐姿的变换,如图 1-2 所示。还要考虑提供不同的座椅面料,并可调节座椅表面的温湿度特性以达到调节人体代谢、减轻疲劳的目的。

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充分保证驾驶室舒适的工作环境;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。

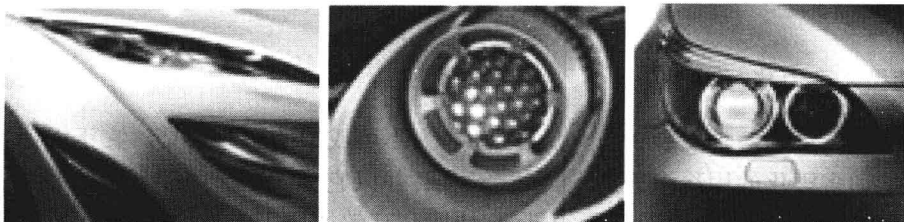


图 1-3 各种汽车灯具

三、车身材料不断更新

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了汽车的燃油消耗。同时,减轻整车质量还可以减少轮胎的磨损、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。

奥迪 A6 轿车材料的构成

表 1-1

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,故在今后一段较长时间内仍会在车身结构中广泛采用,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板等都是现今车身用主要材料。奔驰公司就在 SLK 车身骨架中大量使用高强度钢,使车身扭转刚度增加了70%,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获得的高强度合金材料主要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蒙皮车身,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,尤其是欧美地区,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、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。它不仅减轻零部件约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为塑料制成,雷诺 Espace 和莲花 Elise 轿车也采用了塑料车身。宝马公司的 Z-9 和 Z-22 的车身、M3 系列车顶篷和车身、通用公司的 Ultralite 车身、福特公司的 GT40 车身和保时捷 911 GT3 承载式车身等都采用了碳纤维增强复合材料。

美国 1978 年在汽车上采用高强度钢、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%,1990 年达到 40%、9% 和 9%~13%,近年来还在不断扩大使用范围。不言而喻,汽车轻量化材料的研究

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。

四、车身制造工艺的不断完善

(1)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。

(2)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、图 1-6 所示。

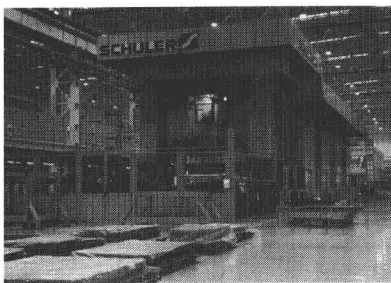


图 1-4 冲压车间

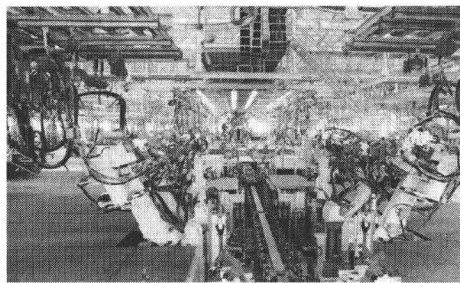


图 1-5 组焊生产线

五、车身是技术密集和劳动密集相结合的产物

车身的技术密集主要体现在其设计和制造技术覆盖面广,科技含量高,而其劳动密集则体现在许多附件的装配、补漆、涂敷密封胶、补焊、打磨等工作仍然要由手工来完成,如图 1-7 所示。因此,要想得到精品车身,必须充分发挥技术和人力各自的优势。



图 1-6 喷涂机械手

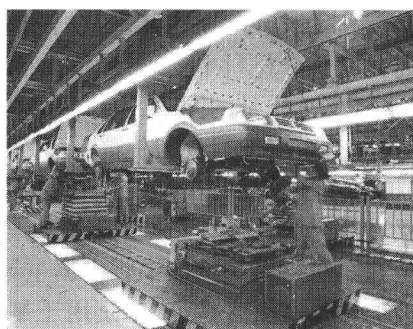


图 1-7 总装生产线

六、车身适应于大批量、专业化生产

车身的开发周期在 20 世纪 80 年代初期为 4~5 年,而采用现代车身 CAD-CAM 技术以后,车身开发周期大大地缩短。开发一个新车型的车身需要 3000~5000 套各种模具,投入资金超亿元。因此,一般车身生产的经济批量不低于 30 万辆。高起点、大批量、专业化的生产车身将是车身制造的主流和发展方向。图 1-8 所示是某车型车门的冲压模具。



图 1-8 车门冲压模具

第二节 对车身设计的要求

汽车车身是用来装载人或货物的构件,其最基本的要求是安全和舒适。

一、足够的强度、刚度

在正常工作条件下,车身各构件应具有足够的强度、刚度而不致发生断裂、变形进而影响其性能的正常发挥。如构件断裂可能导致安全事故,构件变形可能导致门窗等活动件开闭困难。车身设计不仅要保证在常规负荷下的车身结构及其附件的耐用性和有效性,而且要考虑允许其有一定的超负荷能力,以充分保证车身的可靠性。

二、保证安全

每年大量的交通事故伤亡促使对汽车安全性的要求越来越高。汽车的安全性包括主动安全性和被动安全性。

主动安全性是指汽车避免发生交通事故的性能。如宽敞的视野、舒适的工作环境、先进的智能交通系统及辅助驾驶系统等。

被动安全性是指在交通事故不可避免时尽量减少事故伤害的性能。如安全车身结构、先进的乘员约束系统等。

三、满足乘坐舒适及人机工程要求

车内布置需满足人机工程的要求,座椅舒适、操纵方便、使乘员有足够的活动空间;要保证足够的通风换气,空调工作可靠,时刻保持车内空气新鲜、温度和湿度适宜,使乘员感到舒适、愉快;防振、隔热、降噪、密封性要好。

四、自身质量轻,面积利用率高

汽车是世界上最大批量的工业产品。每辆汽车用 4000 ~ 4500 种不同品种、不同规格和不同材料的零部件制成,消耗量占世界总产量中 46% 的石油、24% 的钢铁、50% 的玻璃。全世界有 3 亿人直接或间接地为汽车生产服务,而汽车又为全世界 95% 以上的人民生活服务。因此,降低成本、降低使用费用、使车身轻量化以获得更低的燃料消耗和更多的经济效益是汽车车身设计的核心内容之一。

为此,合理选择材料,结合有限元方法进行强度刚度分析以减轻自身质量,合理布置车身内部是车身设计中一项非常重要的工作。

五、空气动力性好

随着道路条件的改善,车速不断提高,空气阻力所消耗的动力已占主导地位。当车速达到 100km/h 时,空气阻力将占总阻力的 80%。除此以外,汽车车身外形还将直接影响到汽车的高速行驶稳定性、侧风作用下的直线行驶稳定性等。因此,良好的空气动力学性能是汽车节能降耗和安全行驶的重要保障。

六、美观新颖的造型

汽车兼有工业品和艺术品的双重特性,不仅要考虑结构、比例、尺寸的均衡,还要考虑其质感、色彩和动感。设计时要通过形体、线形和色彩的变化和统一,达到既自然和谐又新颖独特的艺术效果。

七、结构合理、制造维护方便

根据现有的和可能达到的工艺、工装水平进行合理设计,从而达到最佳性价比。盲目追求某方面性能而忽略制造成本的做法对于批量生产是不可取的。在进行车身设计时还应注意汽车维护和拆装的方便性,在对具有独立功能的附件总成开展润滑、清理与拆装作业时,应尽量减少或避免拆装车身本体的构件。如仪表、电器及操纵机构的拆装就不应拆卸仪表板本体;室内外的灯具拆卸不应先拆卸固定它的车身本体构件;前照灯的调整、换灯泡均不应拆卸前照灯总成的固定件。

八、车身各构件工作可靠、不发生异响、密封严实

车身各构件应该有足够的寿命,保证正常使用过程中的可靠性。各构件的运动不应发生干涉现象,整车不得有异响。门、窗关闭严密,不漏水、不漏灰尘。

第三节 车身设计中应注意的问题

一、严格执行各种法规和标准

汽车是公路运输工具,其行驶条件必然受到道路交法规、安全法规、排气污染控制法规、道路条件等因素的制约,这是保证社会秩序、社会安全所必需的。国家各有关部门制定了许多法规、标准、技术条件,对汽车提出了各个方面的要求和限制。在车身设计时,就必须使设计的产品符合各种法规、标准的要求。

我国标准分三级管理,最高级为国家标准(GB),第二级为各主管部的标准,如JB、YB,第三级为企业或地方标准、省市级标准等。各种标准都编制了标准号和编制年号。随着社会的发展,各种标准也会进行修改、提高。新编标准一般标准号不变,但编制年号会改变,新编标准自然取代老标准。

与车身设计有关的标准很多,常用的如:

(1)《道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值》(GB 1589—2004)代替《汽车外廓尺寸界限》(GB 1589—89)。

(2)GB 13094—1997 代替《客车通用技术条件》(GB 13094—1991)。

(3)《客车车内尺寸》(GB/T 13053—2008)。

(4)《乘用车尺寸代码》(GB/T 19234—2003)。

(5)《商用道路车辆尺寸代码》(GB/T 17347—1998)。

(6)QC/T 514—1999 代替《轿车车身名词术语》(JB 3653—84)。

(7)GB 报批《客车车身术语》。

(8)GB 报批《客车车身乘客区尺寸术语》。

(9)QC/T 490—2000 代替《汽车车身制图》(JB 1449—84)。

(10)QC/T 265—1999 代替《汽车产品零部件编号规则》(ZB/T 04005—1989)。

二、满足三化要求

“三化”指的是产品的系列化、零部件的通用化和零部件设计的标准化。

产品的系列化在于将产品进行合理分档,组成系列,并考虑各种变型。如客车可按长度分为微型、轻型、中型、大型、特大型系列,每个系列可变形为救护车、工程修理车和各种专用车。同时,中型、大型客车系列中还可包括长途、团体、旅游、公共汽车等多品种车型。产品的系列化有利于零部件的通用化,用尽量少的基本车型满足各方面的要求。

所谓零部件的通用化,就是在同一系列的车型上尽量采用相同结构和尺寸的零部件,减少不同车型上的不同零部件数,从而简化胎、模具及装焊夹具与台架等设备,使制造成本大为降低。即使是不同系列的车型,可能的情况下,也应尽量做到通用化。

零部件设计的标准化就是指在车身设计过程中应尽量采用标准件,这有利于产品的系列化和零部件的通用化,便于组织生产、降低成本,对使用维修也能带来很大方便。同时,还可以缩短研制新产品的周期,减少设计工作量。

三、车身开发的时代性与继承性的结合

由于车身的开发是推动汽车工业发展最有活力的因素,因此,现代车身的开发周期越来越短。汽车生产企业要想在同行的竞争中取胜,就必须不断推出造型优美、结构新颖、性能精良的新车型。

车身由几百种形状复杂、结构复杂的骨架和大型覆盖件组成,其中绝大多数为冲压件。轿车需冲压模具 4000 套左右,货车驾驶室需冲压模具 1000 ~ 1500 套,这需要投入大量的人力物力才能完成。除模具外,还有各种装焊夹具、检验夹具等的制作,甚至由于新产品的开发要求重新建立新的生产线或生产厂。因此,在开发新产品车身时,必须考虑到生产工艺的继承、老产品的模具和夹具略加改造或补充即可适应新产品的需要。采用柔性生产线使其可能通过不同形式的车身等,这将充分发挥生产能力并降低车身造价,在设计新产品时应予以充分的注意。

第四节 车身开发流程

随着汽车技术的不断发展与提高,开发一辆现代化汽车已不再是简单的技术操作流程,从战略决策、整车指标到资源调配、设计优化以及最终的审查验收、批量生产是一个高度综合、严谨、科学的产品开发流程。

汽车车身开发流程是指从车身产品定义开始直到车身批量投产的整个过程。图 1-9 所示为某企业汽车车身的开发流程。具体流程大致分为以下几个阶段。

一、产品策划阶段

作为车身产品开发第一阶段,其主要目的就是规划和定义车身产品开发的指导原则、开发内容、关键技术、性能指标、实施路线和风险分析等事项。它从宏观上初步定义车身开发任务,明确关键的性能指标、目标成本以及开发阶段重要的试验验证条款,并详细描述各总成的性能指标、初步的结构方案、基本工艺模块等。

二、概念设计阶段

车身概念设计阶段是指以车身产品策划为依据,将造型概念和工程结构有机结合,将创意

转换为方案的实现过程。车身的概念设计包括车身造型、车身总布置、结构可行性研究和工程分析(CAE)三个方面。

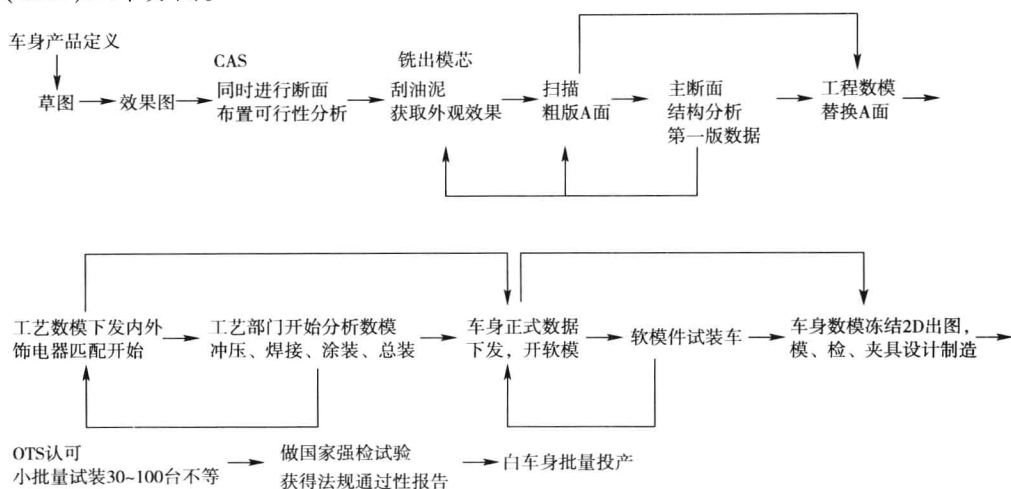


图 1-9 某企业轿车车身开发流程

1. 车身造型

车身造型主要包括以下几个方面的工作:草图构思、效果图设计、胶带图设计、CAS 设计、模型制作、模型测量和线图设计等。

(1)草图构思。从造型的角度根据产品的前期定位、市场需求和技术描述进行创意、构思和造型定位。同时,根据当时同类车型的对比情况,预测造型的发展趋势,在假想用户审美观点的基础上,确定主要的造型元素和风格。

(2)效果图设计。效果图采用水彩、彩铅、素描或者 CAD 等方式绘制,包括车身外形效果图和车身内饰效果图。它是设计师将造型设计(如整车形状、色彩、材质及反光效果等)的创意构思进行形象化再现的形式,并将其作为开发人员造型构思和初步选型的参考。

(3)胶带图设计。胶带图是用不同宽度和不同颜色的胶带在标有坐标网格的白色图板(一般是薄膜图)上,粘贴上模型轮廓的曲线和线条,将汽车整个轮廓、布置尺寸、发动机位置、车架布置以及人体样板都显示出来。胶带图要求是 1:1 全尺寸,以便于型线和尺寸的研究和确认。

(4)CAS 设计。所谓 CAS 设计就是利用专业造型设计软件,在各种图形输入输出设备的支持下直接在计算机上完成复杂的车身造型设计工作。其主要任务就是对造型表面进行数学建模,要求 CAS 模型能够准确表达设计创意、满足法规要求、具备工程可行性。

(5)模型制作。在造型设计初期,设计师可以制作各种小比例草模来表达对未来车型的构想。在造型设计完成阶段,设计师可能需要制作一个 1:1 的全尺寸模型用于后续设计、生产或展示。全尺寸模型制作的流程大体分为骨架制作、模型粗敷、模型加工和模型装饰。

(6)模型测量和线图设计。模型测量是指通过三坐标测量机对全尺寸模型进行测量,得到模型上离散的点集;线图设计指将模型测量中得到的点集数据通过专门的 CAD 设计软件来建立整个车身的表面数学模型。工程人员根据这个环节来进行详细的三维结构设计。

车身表面造型的方法按照其流程通常可分为两种:一种称为计算机辅助设计法,它是在手绘草模确定初步方案后,直接利用各种造型设计软件在计算机上构建未来车型的三维模型,然后数控加工 1:1 实体模型或者甚至将实体模型省略,该方法对造型设计师的空间想象能力和软件应用能力要求较高;另一种称为仿形法,该方法充分考虑到模型雕塑的过程本身也是造型

创意完善的过程,采用先雕塑实物模型再建立数学模型的流程。如日本铃木公司采用保留传统设计中美工雕塑人员常规使用的方法,即用手工方法绘制效果图、雕塑模型,然后通过三坐标测量,在计算机中建立一个逼近于真实模型的数学模型,再进行结构设计和生产准备。

在造型设计阶段,设计师通常需要根据设计任务书的要求提出多种设计方案供决策部门选择,用总布置草图、造型效果图和实物模型等反映设计师对未来车型的构想。企业负责人会召集设计部门、工艺部门、生产部门、供应部门、销售部门甚至部分用户来对设计方案进行评审,从中选择优秀的方案进行下一步分析和设计。如果所有的方案都不满意的话,可能还要重新进行设计。

在进行方案评审时,决策部门应该避免要求设计师将不同总体设计方案的部件方案组合得到新的方案。因为每一种方案有其整体风格和特色,拼凑起来很可能是不伦不类。

2. 车身结构可行性研究

产品设计通常都是从总体结构设计开始,总体结构设计进行的同时或之后必须进行结构分析,只有结构分析正确之后才能进行后续的详细零部件设计工作。车身结构也不例外,车身结构设计的可行性分析是汽车车身产品开发成功的关键所在。车身结构可行性分析指以满足车身开发目标并服务于车身造型的结构可行性研究、构思以及布置等活动的总称。车身结构可行性分析方法有三种:主断面分析法,节点分析法和模型分析法。

主断面分析法是指根据车身的具体结构,确定车身结构主断面布局,对所得出的车身结构主要断面进行详细分析,然后利用分析结果反过来指导断面结构的修改,从而达到获得最佳车身结构性能的目的。其中主断面反映的是车身主要结构件的位置关系以及焊接件的搭接关系,其设置位置根据车身结构主断面图的布局确定。图 1-10 为某车型的车身主断面布局示意图。

节点分析法是提取车身体结构中相互交叉处的节点进行研究,利用不同断面对其结构进行剖析,从而使设计者对车身结构更加清晰,达到对车身零部件工程化设计的目的。针对节点部分的结构复杂性,在对节点分析的过程中,不仅要考虑产品自身的性能要求,还要考虑节点部分的可焊性以及焊接流程等。图 1-11 是利用节点分析法对 B 立柱节点处的若干个断面进行研究的例子。

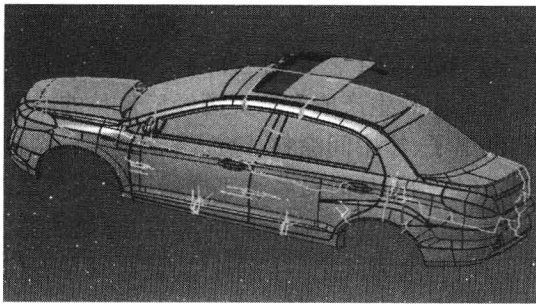


图 1-10 某车型的车身主断面布局

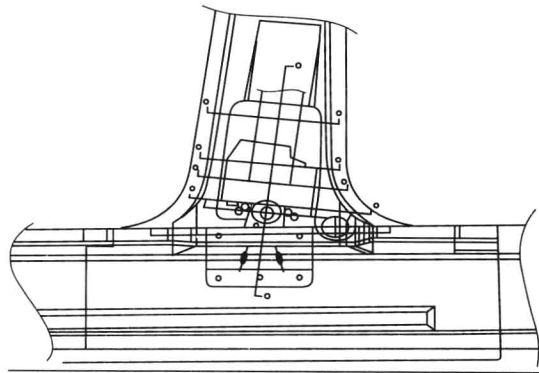


图 1-11 B 立柱节点图

模型分析法主要是对车身主模型的分析,主要包括对车身分形线进行确定(具体是指确定闭合件如车门、背门、灯具等与车身主体之间的关系)以及对外覆盖件的冲压工艺性、外覆盖件的焊接工艺性(约束条件)、总装工艺性(如总装生产线约束条件、通过性、装配可行性等)进行分析。

3. 工程分析(CAE)

CAE 是优化设计的主要手段,为设计的最佳化和追求特定目标提供条件,可避免开发失误

并缩短开发周期,提高汽车的结构性能并降低开发成本。工程分析主要包括静态分析(如车身的强度、刚度分析)、动态分析(如振动、噪声、寿命分析)、碰撞分析(模拟撞车时的乘员保护效果)、运动件干涉分析、板料冲压工艺性分析、塑料件工艺性分析、空气动力特性模拟分析等。

三、技术设计阶段

技术设计包括三维结构设计和二维图设计。

1. 三维结构设计

三维结构设计是基于有限元模型分析法(FEA)、白车身型面与截面的定义、连接静强度、白车身强度刚度、振动噪声、白车身疲劳寿命、碰撞及翻滚安全性、子系统的安全性、车门及发动机罩的闭合性、计算流体动力学(CFD)和人机工程学等方面进行设计的。其目的是根据车身数字模型进行结构的细化三维设计。在其设计过程中,CAE/CAD/CAM 同步交叉穿插其中。

2. 二维图设计

二维图设计是在已完成的三维设计的基础上进行的,包括零件图、总成图、装置图和工艺合件图等。

3. 工艺支持

车身的开发是与车身工艺紧密联系在一起。车身因其自身的特点,形成了冲压、焊接、涂装、总装四大基本工艺。

1) 冲压工艺

冲压工艺是一种先进的金属加工方法,在常温条件下,利用模具和冲压设备对板料施加压力,使之产生塑性变形或分离,从而获得具有一定形状、尺寸和性能的零件。由于冲压工艺设计方案和模具结构设计方案的合理性直接影响着产品开发的周期与成本等,故在车身开发过程中应予以充分考虑。如对一些功能要求简单的零件、加强板等,结构形状要尽量简单,可以用简单的压弯工艺代替复杂的拉延成形工序。对于左右对称的冲压件采用多个(多种)零件同时成型,然后剖切分离的设计方法,可以有效减少模具和工序数量,降低成本。在拉延模中增加切口,可以减少落料模。在冲压成型工艺设计过程中广泛采用 CAE 技术来预测产品设计和加工的合理性,对于简化和优化冲压过程具有重要的指导作用。

2) 涂装工艺

涂装工艺是指将涂料覆盖于基材物面上,经干燥并成膜的工艺。制定科学、合理、先进的涂装工艺是充分发挥涂装材料性能、获得优质涂层、降低涂装生产成本和提高经济效益的必要条件。涂装主要工序包括涂前表面预处理、涂底漆、刮腻子、涂中间涂料、涂面漆、涂彩条、涂料的固化、打磨、减振、降噪、隔热、密封、防锈蜡。所以,在结构设计时对各道工序给予足够考虑,保证其设计的可行性。例如,在 PAC 车底涂料使用时,就需要保证喷涂部位清洁,避免油垢、灰尘影响涂膜附着力,还要保证压盘及管路系统密封性;打磨方式之一的干打磨就必须在专门的打磨室中进行,以免对涂装车间的环境产生严重的影响。

3) 焊接工艺

焊接的主要工艺有点焊、CO₂ 气体保护焊、凸焊、氩弧焊、钎焊等。其中电焊(电阻点焊)是一种高效的焊接方法,广泛应用于汽车白车身的制造中。点焊具有生产效率高、焊接变形小的优点。在点焊过程中,焊接电流、焊接压力、电极的断面形状、穿过电极的铁磁性物质和分流等是影响点焊质量的主要因素,所以在电焊过程中,要密切注意焊点强度、焊点位置、焊点尺寸及焊点外观等。例如在点焊过程中,通常会有分流(点焊时没有参加形成焊点的电流),从而造成未焊透或