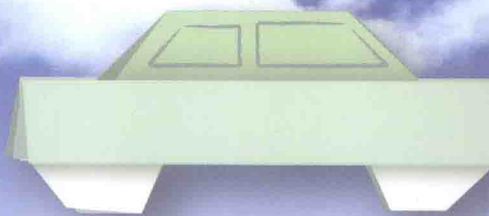


卓越工程师教育培养计划配套教材

车辆工程系列

上海汽车工业教育基金会资助



汽车车身制造工艺

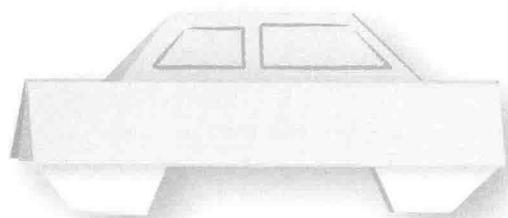
赵晓昱 刘学文 主编



清华大学出版社

卓越工程师教育培养计划配套教材

车辆工程系列



汽车车身制造工艺

赵晓昱 刘学文 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书针对汽车车身制造工艺,比较详细地讲述了车身制造的整个过程。全书分为3篇15章。第1篇介绍车身冲压工艺,主要内容包括金属塑性冲压的基本理论及冲裁、弯曲、拉深、局部成形、车身覆盖件等拉深工艺,并介绍了冲压设备及模具。第2篇介绍了金属车身装焊工艺,主要内容包括车身常用的点焊、二氧化碳气体保护焊、激光焊的焊接原理和工艺要求,焊接装配方法和装焊夹具,然后比较深入地介绍了车身装焊质量的控制方法。第3篇介绍车身涂装工艺,主要内容包括车身用涂料种类,涂装前表面处理工艺,车身的涂装工艺及设备。

本书可作为高等院校及专科学校汽车及相关专业的教材,也适用于从事汽车车身制造的工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

汽车车身制造工艺/赵晓昱,刘学文主编. —北京:清华大学出版社,2016
(卓越工程师教育培养计划配套教材. 车辆工程系列)
ISBN 978-7-302-45063-4

I. ①汽… II. ①赵… ②刘… III. ①汽车—车体—车辆制造—高等学校—教材
IV. ①U463.820.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 218568 号

责任编辑:许 龙 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17.5

字 数:423千字

版 次:2016年11月第1版

印 次:2016年11月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:42.00元

产品编号:050332-01

卓越工程师教育培养计划配套教材

总编委会名单

主任：丁晓东 汪 泓

副主任：陈力华 鲁嘉华

委员：(按姓氏笔画为序)

丁兴国	王岩松	王裕明	叶永青	刘晓民
匡江红	余 粟	吴训成	张子厚	张莉萍
李 毅	陆肖元	陈因达	徐宝钢	徐新成
徐滕岗	程武山	谢东来	魏 建	

卓越工程师教育培养计划配套教材

——车辆工程系列编委会名单

主 任：陈力华

副主任：王岩松 陈因达

委 员：（按姓氏笔画为序）

马 红 叶永青 邢彦锋 吴训成 宋新萍

张珏成 张缓缓 杨国平 陈凌珊 陈 浩

范平清 罗素云 赵 波 赵晓昱 顾 静

汽车是促进社会经济发展和提高人类生活质量不可或缺的交通工具。进入 21 世纪以来,我国综合国力进一步增强,人民生活水平不断提高,汽车产业高速发展。2009 年,我国因汽车产销量突破 1300 万辆而成为全球第一汽车产销大国。2010 年,我国汽车产销量均超 1800 万辆,稳居世界第一。2011 年,我国汽车产销量双超 1840 万辆,再次刷新全球历史纪录。2002 年至 2011 年的 10 年间,我国汽车产销量平均增幅超过 22%,汽车产业已经成为我国经济发展重要的支柱产业。

培养造就一大批适应汽车产业发展需求的人才队伍,是保障我国汽车产业长期繁荣与可持续发展的关键。伴随我国汽车产业的高速发展,汽车人才的短缺问题日益凸显。这不仅反映在人才培养数量上不能满足需求,而且体现在人才培养质量上存在较大差距。国外高校的汽车专业教育更加强调学生的动手能力和实践能力,学生有很多机会到汽车企业和制造车间进行实践锻炼,所以其开发创新能力更强。改革开放以来,我国的高等工程教育取得了巨大成就,但也存在人才培养模式单一,缺乏多样性和适应性,工程教育中工程性缺失、实践环节薄弱,评价体系导向重论文、轻设计、缺实践等问题。走中国特色新型工业化道路、建设创新型国家、建设人才强国等已经成为教育界和企业界的共识,这对高等工程教育发展提出了迫切要求。教育部于 2010 年开始实施的“卓越工程师教育培养计划”就是要培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为国家走新型工业化发展道路、建设创新型国家和人才强国战略服务。

上海工程技术大学车辆工程专业以服务国家和地区经济建设为宗旨,始终坚持学科链、专业链对接产业链的办学模式。2010 年,车辆工程专业被列为教育部“卓越工程师教育培养计划”首批试点专业。为满足车辆工程专业“卓越工程师教育培养计划”的需要,上海工程技术大学车辆工程专业的骨干教师与上海汽车工业(集团)公司和上海交运(集团)公司的技术骨干合作编写了“卓越工程师教育培养计划”车辆工程专业系列教材。该系列教材包括《汽车发动机构造》《汽车底盘构造》《汽车车身结构》《汽车理论》《汽车设计》《汽车工程测试基础》《现代汽车制造工艺学》(配习题集)、《汽车车身制造工艺》《UG CAD 教程》《汽车造型基础》《车辆工程英语精读教程》《车辆工程英语听力教程》《汽车专业英语》等。

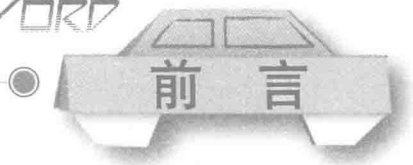
系列教材在编写过程中,按照理论与实践相结合的原则,参阅了大量的中外文参考书籍和文献资料,吸收和借鉴了现有部分教材的优点,参考了汽车企业的相关材料。系列教材强

VI

调理论联系实际,体现“面向工业界、面向世界、面向未来”的工程教育理念,以社会对汽车车辆工程人才的需求为导向,以实际的汽车车辆工程为背景,以汽车工程技术为主线,着力于提升学生的工程素质,强化培养学生的工程能力。系列教材具有基础性、系统性、应用性等特点,能够满足车辆工程专业“卓越工程师教育培养计划”的教学目标和要求。

上海工程技术大学 陈力华

2012年1月



当今世界,科技飞速发展,市场要求与人们生活关系密切的——汽车这一产品推陈出新,世界各大汽车厂商必须对这一需求快速响应。汽车车型的更新很重要的内容是车身外形的更新,也就是车身覆盖件的更新。据统计,车身的重量和制造成本占整车的40%~60%,因此,汽车车身是一款车品质的重要组成部分。

我国汽车工业近年来得到快速发展,但与美国、欧洲、日本等国家相比,我国的汽车制造总体水平还有一定的差距。为了加速民族汽车产业的发展,迎接市场的挑战,我们必须拥有大批掌握现代汽车车身制造技术的人才,培养卓越的工程技术人员。为了满足这一需求,我们编写了本教材。

车身制造涉及钣金冲压成形、金属焊接、涂漆装饰等多个领域,该课程是一门跨专业的课程。本书内容主要包括车身冲压、装焊和涂装三大部分,由上海工程技术大学赵晓昱、刘学文主编。赵晓昱编写绪论、第1篇、第2篇;刘学文编写第3篇。本书的特点是从金属材料微观材料力学基础理论入手,遵循学生学习车身制造工艺的认知规律,比较系统地介绍了汽车车身制造过程中的基本工艺,质量分析与控制,以及现生产中的案例,使学生知其然并知其所以然,了解当前的解决措施,目的是培养学生掌握客观规律,学习前人的经验,具备分析问题和解决问题的能力,在今后的工作岗位上积极探索。本教材适合用作高等院校汽车专业的教材,也可为从事汽车行业的技术人员提供参考。

由于汽车车身技术发展迅速,新技术、新工艺日新月异,再加之编者水平有限,书中难免出现错误和疏漏之处,恳请专家和读者在阅读中不吝赐教,以使本书趋于完善,作者将不胜感激。

编著者
于上海工程技术大学
2016年4月

绪论	1
0.1 车身的功能	1
0.2 车身的组成和结构类型	1
0.2.1 车身的组成	1
0.2.2 车身的结构类型	2
0.3 车身的材料和制造工艺	4
第 1 篇 汽车车身冲压工艺	
第 1 章 冲压工艺的基本理论	9
1.1 金属塑性变形的基本理论	9
1.1.1 金属塑性变形的机理	9
1.1.2 金属塑性变形的受力状态	12
1.1.3 塑性变形时应力与应变的关系	13
1.1.4 塑性变形条件(屈服准则)	16
1.1.5 塑性变形的基本定律	17
1.2 金属的力学性能指标	17
1.3 冲压对材料的要求	19
1.3.1 材料力学性能对冲压的影响	19
1.3.2 材料的化学成分和金相组织对冲压的影响	19
1.3.3 对材料的厚度公差和表面质量的要求	19
1.4 车身钢板材料的分类	20
第 2 章 冲压工艺概述	22
2.1 冲压工艺的特点	22
2.1.1 冲压的概念	22
2.1.2 冲压生产的三大要素	22



2.2	冲压两大类工序	23
2.2.1	分离工序	23
2.2.2	成形工序	24
2.3	冲压的基本工序和两种变形类型	25
2.3.1	冲压的基本工序	25
2.3.2	冲压件的两种变形类型	25
2.4	板料冲压成形性能	26
2.5	板料成形极限	26
2.5.1	成形极限和成形极限图	26
2.5.2	胀形成形试验(埃里克森值 I_E)	28
2.6	冲压成形设备	29
2.6.1	曲柄压力机	29
2.6.2	高速压力机	34
2.6.3	伺服压力机	34
2.6.4	液压机	35
第3章 冲裁工艺		37
3.1	冲裁工艺的概念	37
3.2	冲裁变形过程及应力分析	37
3.2.1	冲裁变形过程	37
3.2.2	冲裁变形时的应力状态	38
3.3	冲裁件断面质量与影响因素	39
3.3.1	冲裁件断面状态	39
3.3.2	冲裁件的断面质量和尺寸精度要求	39
3.3.3	影响冲裁件断面质量的因素	40
3.4	冲裁模具间隙的设计	42
3.4.1	间隙值确定原则	42
3.4.2	间隙值的确定方法	42
3.5	凸模与凹模刃口尺寸设计	45
3.5.1	凸、凹模刃口尺寸计算原则	45
3.5.2	凸、凹模刃口尺寸的加工和计算	46
3.6	冲裁力与冲裁压力中心计算	51
3.6.1	冲裁力的计算	51
3.6.2	降低冲裁力的方法	51
3.6.3	卸料力、推件力的计算	53
3.6.4	压力机公称压力的确定	54
3.6.5	冲模压力中心的确定	54
3.7	冲裁工艺分析与设计	55
3.7.1	排样设计	55



3.7.2 冲裁件的尺寸设计	58
3.8 冲裁模	60
3.8.1 冲模的类型和要求	61
3.8.2 冲裁模的典型结构	61
第4章 弯曲工艺	65
4.1 弯曲工艺的概念	65
4.2 板料弯曲变形及特点	65
4.2.1 弯曲变形过程	65
4.2.2 弯曲变形的特点分析	66
4.2.3 弯曲变形的应力与应变	67
4.2.4 弯曲件中性层及位置确定	67
4.3 弯曲件质量分析	68
4.3.1 弯曲回弹分析及工艺设计	68
4.3.2 弯裂分析及工艺设计	71
4.3.3 弯曲偏移分析及工艺设计	76
4.4 弯曲工艺计算	77
4.4.1 弯曲力的计算	77
4.4.2 弯曲毛坯尺寸的确定	78
4.5 弯曲模	80
4.5.1 弯曲模的要求	80
4.5.2 弯曲模的典型结构	81
第5章 拉深工艺	86
5.1 拉深工艺的概念	86
5.2 圆筒形零件的拉深	86
5.2.1 圆筒形零件的拉深变形过程	86
5.2.2 变形分析	87
5.2.3 各种拉深件的变形特点	89
5.3 盒形零件的拉深	90
5.4 非直壁旋转件的拉深	91
5.4.1 球形件的拉深	91
5.4.2 抛物线形件拉深	92
5.5 拉深中的质量问题及解决措施	93
5.5.1 起皱和拉裂	93
5.5.2 防止起皱和拉裂的措施	94
5.6 拉深工艺设计	98
5.6.1 拉深件毛坯尺寸的确定	98
5.6.2 拉深系数	102



5.6.3	阶梯圆筒形件的拉深	104
5.6.4	拉深力和压边力计算及压力机的确定	105
5.7	拉深模的分类及其典型结构	107
5.7.1	拉深模的分类	107
5.7.2	拉深模的典型结构	107

第6章 局部成形工艺

6.1	局部成形的概念	111
6.2	胀形工艺	111
6.2.1	胀形成形的特点	112
6.2.2	胀形工艺设计	112
6.3	翻边工艺	114
6.3.1	圆孔翻边(翻孔)	115
6.3.2	外缘翻边	117
6.4	校平和整形	119
6.4.1	校平和整形的工艺特点	119
6.4.2	校平工艺	119
6.4.3	整形工艺	120
6.4.4	校平、整形力的计算	120

第7章 车身覆盖件的冲压工艺

7.1	车身覆盖件的成形工艺	121
7.1.1	车身覆盖件成形分类	121
7.1.2	覆盖件的冲压工序	122
7.2	车身覆盖件拉深工艺设计	123
7.2.1	工艺设计原则	124
7.2.2	车身覆盖件拉深工艺的设计	124
7.3	拉深覆盖件的材料	134
7.3.1	拉深覆盖件对材料的要求	134
7.3.2	汽车覆盖件常用材料及性能	135
7.4	汽车覆盖件冲压成形模具	139
7.4.1	拉深模常见典型结构	139
7.4.2	翻边模	142
7.4.3	修边模典型结构	144
7.5	典型车身覆盖件的冲压工艺示例	145
7.5.1	车身顶盖的冲压工艺	145
7.5.2	车身侧围外板的冲压工艺	146
7.5.3	车身翼子板的冲压工艺	148
7.5.4	发动机盖板的冲压工艺	150



第 2 篇 汽车车身装焊工艺

第 8 章 焊接工艺概论	153
8.1 金属焊接成形技术的特点	153
8.2 金属焊接的实质	154
8.3 金属焊接过程	154
8.3.1 焊接过程的特点	154
8.3.2 焊接热影响区	155
8.4 金属焊接方法及其应用	155
8.5 车身常用的焊接方法	157
第 9 章 车身焊接工艺	159
9.1 电阻焊	159
9.1.1 电阻焊的焊接原理与设备	159
9.1.2 点焊的焊接特点	163
9.1.3 点焊的焊接循环	166
9.1.4 点焊的焊接工艺	167
9.1.5 电阻焊的分类	171
9.2 二氧化碳气体保护焊	177
9.2.1 二氧化碳气体保护焊的定义	177
9.2.2 二氧化碳气体保护焊的焊接过程	178
9.2.3 二氧化碳气体保护焊的特点	179
9.2.4 短路过渡短弧焊的工艺参数	179
9.3 激光焊接	180
9.3.1 激光焊的设备及其原理	180
9.3.2 激光焊接工艺	183
第 10 章 车身焊装夹具	188
10.1 夹具的分类和要求	188
10.1.1 夹具的分类	188
10.1.2 装焊夹具的基本要求	189
10.2 薄板的焊接定位与夹紧	190
10.2.1 薄板装配定位原理	190
10.2.2 薄板接头形式	190
10.2.3 薄板焊接步骤	191
10.2.4 工件的定位	192
10.2.5 车身专用定位元件	194
10.2.6 工件的夹紧	195

10.3 车身总成装焊夹具 200

第 11 章 汽车车身装焊工艺质量控制 208

11.1 车身薄板件装配质量概述 208

11.2 薄板装焊偏差源分析及其传播 208

 11.2.1 点焊装配偏差的定义及类型 208

 11.2.2 装配偏差的传播 210

11.3 汽车薄板件装配偏差建模 212

 11.3.1 薄板冲压件偏差的分析模型 213

 11.3.2 焊接偏差与点焊连接建模 213

11.4 偏差主成分分析 218

 11.4.1 偏差诊断系统的构建 218

 11.4.2 基于主成分分析的金属薄板变形分析 219

第 3 篇 涂装工艺

第 12 章 涂装概述 225

12.1 涂装的定义及功能 225

12.2 涂装三要素及涂装四度 225

 12.2.1 涂装三要素 226

 12.2.2 涂装四度 226

12.3 汽车车身涂装工艺过程及主流涂层结构 227

第 13 章 涂装前金属的表面处理 229

13.1 前处理目的及要求 229

13.2 前处理工序过程 230

 13.2.1 脱脂工艺 230

 13.2.2 表面调整 234

 13.2.3 磷化 234

 13.2.4 钝化 237

第 14 章 汽车车身涂料 238

14.1 涂料的发展简史 238

14.2 涂料的组成、分类、命名和编号 238

 14.2.1 涂料的组成 238

 14.2.2 涂料分类 239

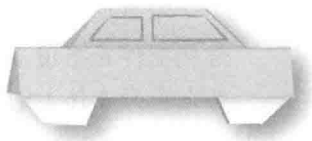
 14.2.3 涂料命名 240

 14.2.4 涂料的编号 241

 14.2.5 型号名称举例 242



14.3	汽车前处理药剂和涂料	242
14.3.1	脱脂材料	243
14.3.2	除锈材料	243
14.3.3	磷化剂	244
14.3.4	钝化材料	244
14.4	汽车车身涂料	244
14.4.1	汽车底漆涂料	244
14.4.2	汽车中间涂料	245
14.4.3	汽车面漆涂料	246
第 15 章	汽车车身涂装工艺	248
15.1	车身涂装工艺简介	248
15.2	底漆喷涂	250
15.2.1	阴极电泳	251
15.2.2	车身电泳工艺	252
15.2.3	电泳装置	253
15.3	中间漆喷涂	255
15.4	面漆喷涂	257
15.5	涂膜干燥	259
15.6	喷漆工艺的展望	260
	参考文献	261



绪 论

0.1 车身的功能

汽车有四大总成：发动机、底盘、电器和车身。作为四大总成之一的汽车车身是汽车驾驶员操纵汽车的乘坐室，是承载乘客和货物的载体，也是覆盖、安装汽车发动机、底盘、电器的壳体和框架的总称。乘用车车身的质量约占整车的 30%~40%，商用车车身的质量占整车的 16%~30%。车身制造成本占整车总成本的 40%~60%，因此车身制造工艺是决定一款车品质的重要因素。

0.2 车身的组成和结构类型

汽车的种类有很多。2001 年，我国采用国际标准将汽车分为两大类：乘用车和商用车。作为代步工具的 9 座以下的车辆为乘用车，乘用车又分为基本乘用车（轿车）、越野乘用车、专用乘用车（邮政车、警车等）；商用车分为客车（9 座以上）和货车。由于用途的不同，车身的结构形式种类繁多。

0.2.1 车身的组成

一般来说，车身包括车身本体及其附件。车身本体是由车身结构件和覆盖件组成。在车身生产过程中，将已经装焊连接完成了的，但尚未喷漆的车身本体叫做白车身，如图 0-1 所示。

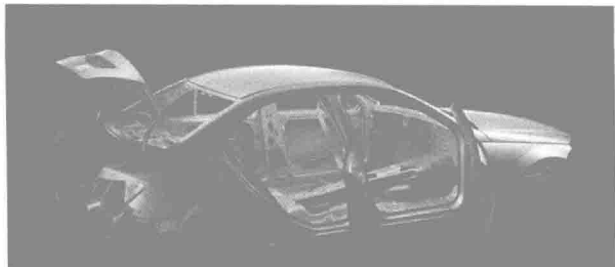


图 0-1 轿车的白车身

车身结构件是车身的骨架,是承受载荷的主体,由纵梁、横梁、立柱和加强板等组成;车身覆盖件是指覆盖和连接在车身结构件上的大表面钣金件;如图 0-2 所示。车身附件是安装在车身体上的附属设备及装饰件,如仪表板总成、座椅、风窗玻璃、大灯、后视镜等。

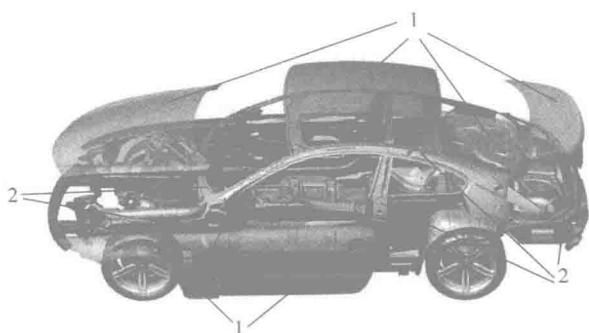


图 0-2 承载式车身的车身覆盖件和车身结构件
1—覆盖件; 2—结构件

0.2.2 车身的结构类型

在汽车使用过程中,车身通常所承受的力有:车身的自重,装载人员或货物的重力及其惯性力,空气阻力;汽车行驶时,由于路面的不平产生的振动冲击通过轮胎、悬架传递到车身的力;发动机、底盘各总成工作时通过其支承传递给车身的力。按照已连为体的空间刚性结构的车身体是否直接承受这些力将车身分三种类型。

1. 非承载式车身

非承载式车身的汽车有刚性车架,又称底盘车架,图 0-3 所示为货车车架。车身体通过多个橡胶垫安装在车架上,路面的振动通过悬架传递到车架上,车架的变形由与车身体相连的橡胶垫吸收,使车身的变形和振动较小。发动机、底盘各总成安装在车架上,大部分振动被减弱或消除。这种有车架的车身体承受的载荷少且小,称为非承载式车身体。图 0-4 所示为解放 CA1032 型非承载式货车驾驶室,图 0-5 所示为有车架的非承载式 SUV 车身体结构件。



图 0-3 货车车架

2. 承载式车身体

承载式车身体没有独立的车架,而是将车架“融入”到车体结构件当中,构成了车身体本体的纵梁、横梁与立柱。这种承载式车身体加厚了地板,同时加强了车头、侧围、车尾等部位,车身体结构件和内部覆盖件共同构成了承受载荷的空间刚性结构,如图 0-6 所示。发动机和变速器直接安装在车身体上,而车身体则通过悬架和车轮相连接。此种结构的车身体为保证强度一般都会通过焊接高强度钢板等措施对特殊部位(如发动机安装点、悬挂安装点)和关乎车身体碰撞安全等部位进行加强。