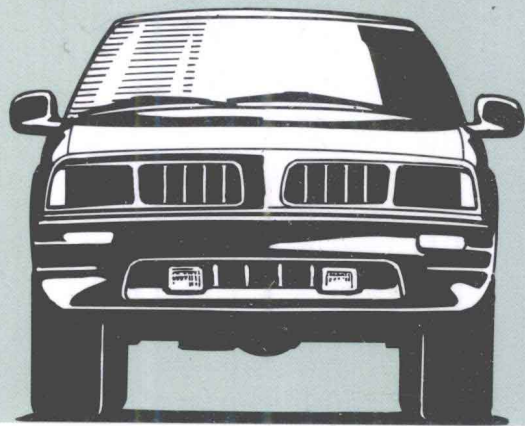


教育部“卓越工程师培养计划”试点单位使用教材  
上海市车辆工程教育高地指定教材  
本书由上海汽车工业教育基金会资助

普通高等院校汽车工程类规划教材

# 汽车制造工艺学

主 编 宋新萍  
副主编 罗素云 李 燕  
主 审 权 龙



清华大学出版社

教育部“卓越工程师培养计划”试点单位使用教材  
上海市车辆工程教育高地指定教材  
本书由上海汽车工业教育基金会资助

普通高等院校汽车工程类规划教材

# 汽车制造工艺学

主 编 宋新萍

副主编 罗素云 商平君

主 审 权 龙

清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

汽车制造工艺学是车辆(汽车)工程及相关专业的一门主干专业教程。

本书主要包括:汽车制造工艺的基础理论、汽车零件常用加工方法、保证汽车零件质量的基础知识、制定机械加工工艺及装配工艺的基础理论及实例。实例完全以生产企业对汽车制造工艺的需求为基线,努力简化抽象、繁复的理论,强化具体的工艺概念和工艺规程,能充分满足理论教学和实践教学的需要。

本书可供高等学校车辆工程专业、机电一体化专业、数控技术专业、机械制造与自动化专业、模具制造专业、机械制造与设备等专业的本科及研究生进行机械制造工艺的理论与实践学习、毕业设计时使用,也可供相关工程技术人员参考。

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

汽车制造工艺学/宋新萍主编. —北京:清华大学出版社, 2011.5

(普通高等院校汽车工程类规划教材)

ISBN 978-7-302-25106-4

I. ①汽… II. ①宋… III. ①汽车—生产工艺—高等学校—教材 IV. ①U466

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 048651 号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

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

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544



印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.5

字 数:439千字

版 次:2011年5月第1版

印 次:2011年5月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00元

产品编号:037016-01

# 序

作为世界第一汽车生产和消费国,汽车工业已成为中国重要的支柱产业,随着本田、丰田和现代汽车的全球召回事件,给我国飞速发展的汽车行业也敲响了警钟。中国要想从汽车制造大国走向真正的汽车制造强国,必须实现汽车整车及其零部件产品的自主研发,也只有这样才能保持我国汽车工业的长期繁荣与持续发展的国际竞争力。

随着中国汽车保有量的不断增加、车型的日益丰富,对汽车零配件的需求也从以前的专注于个别车型的某些配件,发展为多车型全系列的零配件。我国的现代先进制造技术、汽车零部件关键产品的研发水平、制造工艺技术水平,对中国汽车在国际市场的竞争和发展,以及汽车制造业劳动力市场的发展,将是至关重要的。

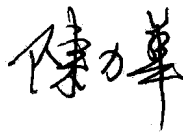
教育部推行的“卓越工程师教育培养计划”以及上海市的“十二五教育发展纲要”推行的“卓越工程教育”,是加快发展国家科技水平,整体提高国家现代工程教育水平的可持续发展战略。

本书作者具有二十多年制造企业的工作经验及教学实践经验,在与上海众多汽车制造企业进行广泛调研及科研合作的基础上,完成了本书的编写。本书的编写内容满足了“卓越工程师教育培养计划”的国家通用标准和行业专业标准的要求,贯彻工程教育的理念,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,以汽车车辆工程技术为主线,着力于提高学生的工程意识、工程素质和工程实践能力。

通过本书学习可以使学生掌握汽车制造工艺的技术内容、方法和特点,熟悉整车和零部件总成装配、机械加工、车身覆盖件的冲压、焊接、涂装等工艺流程;熟悉汽车整车和零部件产品的生产质量控制;能够用科学方法和观点,运用现代的制造技术和工具,解决汽车产品生产和试制过程中的工艺、工装设计以及生产设备操作管理等方面的工程实际问题。

《汽车制造工艺学》侧重于汽车制造企业的工艺需求,从结构、内容等方面以现代汽车生产企业的实例为案例,开展理论联系实际的教学。本书可以作为交通运输院校的本科及研究生的教学用书,也可供相关工程技术人员参考。

上海工程技术大学副校长、教授



2011.4

# 前 言

《汽车制造工艺学》的编写,完全以生产企业对汽车制造工艺的需求为基线,努力简化抽象、繁复的理论,强化具体的工艺概念、工艺规程、必需的基本原理和本质规律,能充分满足理论教学和实践教学的需要。书中的许多实例是我们长期从事教学、科研和企业生产实践的成果,学生可以从中学学习并了解到汽车制造企业的实际工艺问题及解决方法。

本书系统地阐述了汽车设计与制造专业所需要的工艺基本理论和知识,各章可以独立成篇,又互为基础,一节一节从理论到实践,使学生逐步获得汽车制造工艺的基本理论知识和实践运用能力,提高学生解决工程实际问题的能力,为学生从事车辆(汽车)设计和制造工艺工作奠定一定的工艺基础,为后续专业课程的学习和相关的实践教学环节打好基础。

本书由宋新萍主编,权龙主审。其中,罗素云和宋新萍编写了第2章,李燕和宋新萍编写了第3章,宋新萍编写了其他所有章节,并对全书进行了统稿。

感谢上海工程技术大学副校长陈力华教授为本书作序。在本书编写过程中还得到了上汽公司的周浩、上海大众的金晔琪以及上海交运动力的赵小勇、吴旭东、蒋亚男、严伟鑫、邵军、王沈平等同志的支持。本书在编写过程中参阅了大量国内外同行的专著、教材、文献资料等,在此一并表示感谢。

本书为上海市自然科学基金项目11ZR1414700。

由于编者水平所限,本书不足之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

2011年4月

# 目 录

绪论	1
<b>第 1 章 汽车零件机械加工工艺基本概念</b>	<b>6</b>
1.1 机械加工工艺过程及其组成	6
1.2 汽车产品的生产性质、生产纲领和生产类型	9
1.3 汽车零件的加工经济精度	12
1.4 汽车制造专业的工艺文件	14
1.4.1 工艺规程	15
1.4.2 管理用工艺文件	23
习题	23
<b>第 2 章 汽车零件的机械加工质量</b>	<b>24</b>
2.1 汽车零件机械加工质量的基本知识	24
2.2 保证汽车零件机械加工精度的工艺方法	26
2.2.1 汽车零件对加工精度的要求	26
2.2.2 加工误差的影响因素	27
2.2.3 加工误差的综合分析	31
2.2.4 减少加工误差的方法	38
2.3 保证汽车零件机械加工表面质量的工艺方法	41
2.3.1 表面质量对汽车零件性能的影响	41
2.3.2 表面质量的影响因素	42
2.3.3 提高零件机械加工表面质量的方法	46
习题	57
<b>第 3 章 汽车零件常用制造工艺基础知识</b>	<b>59</b>
3.1 汽车零件毛坯制造工艺的基本知识	59
3.1.1 铸造	59
3.1.2 锻造	64
3.1.3 焊接	65
3.1.4 冲压	73
3.1.5 粉末冶金	75
3.1.6 塑料成形工艺	78
3.2 汽车零件常用的机械加工方法	82
3.2.1 车削	83

3.2.2	钻削 .....	87
3.2.3	铰削 .....	88
3.2.4	铣削 .....	90
3.2.5	拉削 .....	94
3.2.6	镗削 .....	94
3.2.7	刨削 .....	96
3.2.8	磨削 .....	98
3.2.9	光整加工 .....	102
3.2.10	成组加工 .....	102
3.3	汽车车身制造工艺的基本知识 .....	103
3.3.1	汽车车身制造工艺 .....	103
3.3.2	汽车车身装焊工艺 .....	104
3.3.3	汽车车身涂饰工艺 .....	106
3.4	汽车制造过程中其他工艺基本知识 .....	110
3.4.1	热处理 .....	110
3.4.2	装配 .....	112
3.4.3	汽车试验 .....	114
3.4.4	检验 .....	115
	习题 .....	115
<b>第4章</b>	<b>汽车零件机械加工工艺规程的制定 .....</b>	<b>116</b>
4.1	概述 .....	116
4.2	毛坯的制定 .....	118
4.3	基准 .....	120
4.3.1	基准的概念及分类 .....	120
4.3.2	合理地选择工件的定位基准 .....	123
4.4	加工路线及工艺装备的选择 .....	125
4.4.1	表面加工方法及加工方案的选择 .....	126
4.4.2	加工阶段的划分 .....	129
4.4.3	加工顺序的安排 .....	130
4.4.4	设备及工艺装备的选择 .....	131
4.5	加工余量的确定 .....	132
4.6	工序尺寸的确定 .....	135
4.6.1	尺寸链的概念和组成 .....	135
4.6.2	尺寸链的分类 .....	137
4.6.3	尺寸链的建立与分析 .....	139
4.6.4	尺寸链的计算方法 .....	139
4.6.5	尺寸链的计算类型及基本步骤 .....	143
4.6.6	公序尺寸的计算 .....	145

4.7	定位方案与夹具设计 .....	153
4.7.1	工件的装夹 .....	153
4.7.2	机床夹具的基础知识 .....	154
4.7.3	工件在夹具中的定位 .....	157
4.7.4	工件在夹具中的夹紧 .....	184
4.7.5	现代机床夹具 .....	192
4.8	机械加工生产线的平面布局 .....	196
4.8.1	生产线的类型 .....	196
4.8.2	机械加工生产线的工艺设计 .....	196
4.8.3	机械加工生产线的平面布置 .....	197
	习题 .....	200
<b>第5章</b>	<b>汽车零件装配工艺的制定 .....</b>	<b>207</b>
5.1	概述 .....	207
5.1.1	装配工艺的特点 .....	207
5.1.2	装配工作的主要内容 .....	208
5.1.3	装配工作的组织形式 .....	210
5.2	保证装配精度的装配方法 .....	211
5.3	装配尺寸链 .....	214
5.3.1	装配尺寸链的建立 .....	214
5.3.2	装配尺寸链的解算 .....	218
5.4	装配工艺过程的制定 .....	224
5.4.1	制定装配工艺过程的原则与需要的原始资料 .....	225
5.4.2	制定装配工艺过程的步骤与方法 .....	225
	习题 .....	230
<b>第6章</b>	<b>汽车制造工程管理系统 .....</b>	<b>232</b>
6.1	汽车制造工程管理体系的进步 .....	232
6.2	汽车制造工程管理系统概述 .....	233
	习题 .....	235
<b>第7章</b>	<b>汽车零件机械加工工艺过程制定实例 .....</b>	<b>236</b>
7.1	发动机连杆工艺设计目标 .....	236
7.2	对发动机连杆工艺设计的要求 .....	237
7.3	发动机连杆工艺规程设计分析 .....	237
7.4	确定连杆毛坯 .....	239
7.5	制定连杆机械加工工艺过程 .....	240
7.6	完成连杆加工工艺的计算及工艺文件 .....	243
7.6.1	连杆机械加工余量、工序尺寸的确定 .....	243



7.6.2	切削用量的选择原则·····	244
7.6.3	计算切削用量·····	245
7.6.4	编写工艺过程卡和工序卡·····	249
7.7	发动机连杆精镗大小头孔工序的夹具设计·····	254
7.7.1	夹具设计的基础·····	254
7.7.2	夹具设计的分析·····	254
7.7.3	制定设计方案·····	254
7.8	绘制夹具装配总图·····	258
<b>第8章</b>	<b>汽车零部件装配工艺制定实例·····</b>	<b>259</b>
8.1	发动机装配工艺过程·····	259
8.2	汽车总装配工艺过程·····	267
<b>附录A</b>	<b>机械制造部分工艺参数·····</b>	<b>274</b>
<b>参考文献</b>	<b>·····</b>	<b>281</b>

# 绪 论

## 1. 汽车制造业对国民经济的影响

汽车是一个机、电、液、气高度综合性的精密机械产品,汽车工业一方面需要十分广泛的配套产业,另一方面又是机床、铸造机械、锻造机械、焊接机械、电气、仪表以及多种原材料的使用大户,因此汽车工业是产业关联度较高的一个产业。汽车工业的发展能够带动国家整个相关工业和出口产品的发展,是影响国家财政收入和税收的重要产业。发展汽车工业,是国民经济发展当中一个重要的战略,很多国家都把汽车工业作为国民经济的支柱产业。

1956年7月13日,国产第一辆解放牌CA10型4t载货汽车在第一汽车制造厂胜利下线,结束了中国自己不能制造汽车的历史。时至今日,经过几代人半个多世纪的艰苦奋斗,中国汽车工业经历了创建、成长与全面发展的进程,建立了汽车制造与科研、专业教育和人才培养相结合的体系,形成了产品种类较齐全、生产能力不断增长、产品水平日益提高、市场用户持续拓展、营销服务网络完善建设的汽车工业体系。中国汽车制造的整体实力虽然不如拥有超过100年历史的欧洲和美国,但中国汽车在全球的地位却在快速提高。

汽车工业对于中国国民经济的影响是非常明显的,汽车制造业的发展带来了就业,带来了人民消费水平的提高,带来了整个社会人民富裕程度的增加。在中国,汽车工业带来汽车工业以及相关产业3700万人的就业,占全国城镇就业人数的12%以上;整个汽车零售额超过480千亿元人民币,汽车相关环节销售额达到29.8千亿元人民币,占全国零售销售额的比重达到27%。2008年中国汽车工业的增加值5800多亿元人民币,占GDP的比重从2000年的0.97%上升到1.94%,同时,汽车工业相关产业的工业增加值达到24.9千亿元人民币,占整个国民经济GDP的比重由原来的3.73%上升到8.3%。2009年,中国以1379万辆的产量,首次成为全球第一大汽车生产国;2010年,达到了1806万辆,再次稳居世界第一。

## 2. 中国的汽车制造业任重而道远

中国汽车产业的总体规模虽然大,但不强且集中度极低。据中国汽车工业协会统计,2009年全国汽车企业(集团)数量为79家。前4家企业集团的产业集中度为61.7%,前10家企业集团的产业集中度为87.2%。中国汽车工业17家重点企业集团2009年营业额累计为15128亿元人民币(约合2213亿美元),而日本丰田公司2007财年(2007年4月至2008年3月)实现营业收入2624亿美元;中国汽车工业17家重点企业集团2009年利润总额累计为1173亿元人民币(约合171亿美元),而日本丰田公司2007财年净盈利171亿美元。中国最大的汽车企业上汽集团2009年的汽车销量为270万辆,这还包括了合资企业外方品牌的产品,如果仅计算自主品牌销量,上汽集团的销量为118万辆,而世界二流汽车企业日本铃木公司2009年的汽车销量为230.8万辆。

从汽车国际市场分析,发达国家正在设置更高的汽车产品技术壁垒和环境壁垒,以占领发展中国家的市场并保护本国的市场。尽管发达国家的企业也向发展中国家转移某些技术,但是大多数发展中国家并不能得到所需要的技术,如汽车新产品研发技术、关键系统总

成制造技术等。长此以往,发展中国家在汽车市场竞争中将会长期处于不利地位。

同时,发达国家在实现汽车工业现代化之后,正积极运用信息技术改造自己的汽车工业,使得他们的汽车工业日益信息化、知识化。所以对尚未实现汽车工业现代化的广大发展中国家而言,同时还面临着汽车工业信息化、知识化的挑战。

虽然中国汽车产量 2009 年首次达到全球第一,2010 年,汽车工业发展态势依然持续向上,但目前中国的汽车企业仍然规模偏小,经济技术实力很弱。单独依靠一个汽车厂商,不可能自主地运用高新技术改造传统汽车工业,很难应对跨国垄断汽车集团的强有力挑战。

未来汽车产业的竞争将不仅局限于整车厂与整车厂之间的竞争,而是整个汽车零部件制造商、供应链与供应链的竞争。所有汽车制造商都在寻求方法以降低成本,提升效率,增强企业竞争力。

从当今经济全球化的进程来看,中国汽车工业要想真正从汽车制造大国迈向汽车制造强国,必将继续奋进、抓住机遇、与时俱进、同国际接轨、加快提高国际竞争力,才能屹立于世界汽车工业之林。

### 3. 汽车的制造过程及其工艺

#### 1) 汽车的制造过程

狭义地讲,汽车的制造过程是指把汽车原材料转变为汽车产品的全过程;广义地讲,汽车的制造过程是从产品设计开始到成品出厂的全过程。由于汽车零件精度高、结构复杂、产量高,对零部件的安全性、可靠性及零部件之间的互换性要求高,所以汽车制造业比其他机械制造业更具有特点。

广义的汽车的制造过程包括以下内容。

#### (1) 生产与技术的准备过程

生产与技术的准备过程是基本生产过程的前提,是指汽车产品投入生产前所进行的各种技术和装备的准备工作过程。这个准备过程包括产品的开发和调研,产品设计、试制、试验和鉴定,生产的工艺设计和专用工艺装备的设计和制造,生产计划的编制,生产资料的准备以及生产人员的培训等。

#### (2) 基本生产过程

基本生产过程是上述狭义的汽车生产过程,专指汽车零件和总成从原材料经过各种工艺过程转变为汽车产品的过程。基本生产过程包括下料、铸造、锻造、粉末冶金、机械加工、热处理、冲压、焊接、电镀、涂饰、装配等工艺过程,其流程如图 0.1 所示。作为一种综合性的精密机械产品,汽车类型以及组成汽车产品的机械零部件的数量繁多,汽车产品中机械组成部分的制造生产过程是汽车生产中的中心环节。

#### (3) 辅助生产过程

辅助生产过程是保证基本生产过程能正常进行所必需的辅助产品的生产、维护和维修过程。

#### (4) 生产服务过程

生产服务过程是指为基本生产过程和辅助生产过程顺利完成所进行的各种生产服务活动,包括原材料、外购件和工具的供应、运输、保管、包装、发运、售后服务等。

#### 2) 汽车制造所需的详细工艺

汽车制造所需详细工艺主要包括铸造、锻造、冲压、焊接、金属切削加工、检验、热处理、

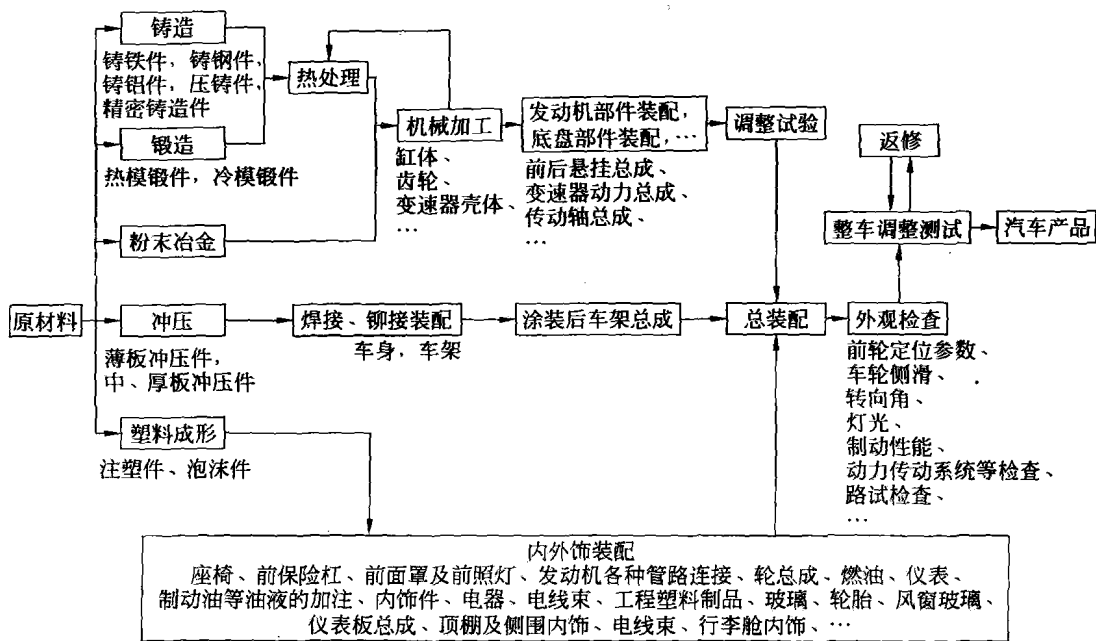


图 0.1 汽车产品的基本生产过程

装配、汽车试验等。

### (1) 铸造

铸造是将熔化的金属浇灌入铸型空腔中，冷却凝固后而获得产品的生产方法。在汽车制造过程中，采用铸铁制成毛坯的零件很多，约占全车质量的 10%，如汽缸体、变速器箱体、转向器壳体、后桥壳体、制动鼓、各种支架等。

### (2) 锻造

在汽车制造过程中，广泛地采用锻造的加工方法。锻造分为自由锻造和模型锻造。自由锻造是将金属坯料放在铁砧上承受冲击或压力而成形的加工方法（坊间称“打铁”）。汽车的齿轮和轴等的毛坯就是用自由锻造的方法加工的。模型锻造是将金属坯料放在锻模的模膛内，承受冲击或压力而成形的加工方法。模型锻造有点像面团在模子内被压成饼干形状的过程。与自由锻相比，模锻所制造的工件形状更复杂，尺寸更精确。汽车的模锻件的典型例子是发动机连杆和曲轴、汽车前轴、转向节等。

### (3) 冲压

冷冲压或板料冲压是使金属板料在冲模中承受压力而被切离或成形的加工方法。采用冷冲压加工的汽车零件有：发动机油底壳、制动器底板、汽车车架以及大多数车身零件。这些零件一般都经过落料、冲孔、拉深、弯曲、翻边、修整等工序而成形。冲压加工的生产率很高，并可制造形状复杂而且精度较高的零件。

### (4) 焊接

焊接是将两片金属局部加热或同时加热、加压而接合在一起的加工方法。在汽车车身制造中应用最广的是点焊。点焊适于焊接薄钢板，操作时，两个电极向两块钢板加压力使之贴合并同时使贴合点（直径为 5~6 mm 的圆形）通过电流加热熔化从而牢固接合。两块车

身零件焊接时,其边缘每隔 50~100 mm 焊接一个点,使两个零件形成不连续的多点连接。焊好整个轿车车身,通常需要上千个焊点。焊点的强度要求很高,每个焊点可承受 5 kN 的拉力,甚至将钢板撕裂,仍不能将焊点部位分离。

#### (5) 金属切削加工

金属切削加工是用刀具将金属毛坯逐层切削,使工件得到所需要的形状、尺寸和表面粗糙度的加工方法。金属切削加工包括钳工和机械加工两种方法。钳工是工人用手工工具进行切削的加工方法,操作灵活方便,在装配和修理中广泛应用。机械加工是借助于机床来完成切削的,包括车、刨、铣、钻和磨等方法。

① 车削:在车床上用车刀加工工件的工艺过程。车床适于切削各种旋转表面,如内、外圆柱或圆锥面,还可以车削端面。汽车的许多轴类零件以及齿轮毛坯都是在车床上加工的。

② 刨削:在刨床用刨刀加工工件的工艺过程。刨床适于加工水平面、垂直面、斜面和沟槽等。汽车上的汽缸体和汽缸盖的结合面、变速器箱体和盖的配合平面等都是用刨床加工的。

③ 铣削:在铣床上用铣刀加工工件的工艺过程。铣床可以加工斜面、沟槽,甚至可以加工齿轮和曲面等,铣削广泛地应用于加工各种汽车零件。汽车车身冷冲压的模具都是用铣削加工的。计算机操纵的数控铣床可以加工形状很复杂的工件,是现代化机械加工的主要机床。

④ 钻削及镗削:加工孔的主要切削方法。

⑤ 磨削:在磨床上用砂轮加工工件的工艺过程。磨削是一种精加工方法,可以获得高精度和低表面粗糙度的工件,而且可以磨削硬度很高的工件。一些经过热处理后的汽车零件,均用磨床进行精加工。

#### (6) 热处理

热处理是将固态的钢重新加热、保温或冷却而改变其组织结构,以满足零件的使用要求或工艺要求的方法。加热温度的高低、保温时间的长短、冷却速度的快慢,可使钢产生不同的组织变化。铁匠将加热的钢件浸入水中快速冷却(行家称为淬火),可提高钢件的硬度,这是热处理的实例。热处理工艺包括退火、正火、淬火和回火等。有不少汽车零件,既要保留心部的韧性,又要改变表面的组织以提高硬度,就需要采用表面高频淬火或渗碳、氮化等热处理工艺。

#### (7) 装配

装配是按一定的要求,用连接零件(螺栓、螺母、销或卡扣等)把各种零件相互连接和组合成部件,再把各种部件相互连接和组合成整车。无论是把零件组合成部件,或是把部件组合成整车,都必须满足设计图纸规定的相互配合关系,以使部件或整车达到预定的性能。

#### (8) 汽车试验

由于汽车的使用条件复杂,汽车工业所涉及的技术领域极为广泛,致使许多理论问题研究得还不够充分,因此汽车工业特别重视试验研究。汽车的设计、制造过程始终离不开试验,无论是设计思想和理论计算、初步设计、技术设计、汽车定型还在生产过程,都要进行大量的试验。汽车试验包括汽车整车性能试验、燃料经济性试验、操纵稳定性试验、平顺性试验、通过性试验、安全性试验等。除了某些研究性试验外,汽车产品试验均应遵循一定的标

准和规范,对试验条件、试验方法、测试仪器及其精度、结果评价等进行限定,以确保试验结果的再现性和可比性。不同国家甚至不同厂家的试验规范可能不同,因此在查看某种产品的试验数据时,必须弄清试验所依据的规程或标准。

#### 4. 汽车制造工艺人员的根本任务

汽车工业是技术密集型产业,在生产中应用了各种高技术。在从原材料进厂到产品出厂的整个生产过程中,都离不开工艺。汽车生产的工艺过程十分复杂,是包括生产准备、原材料供应、制造工艺、计划管理、生产计划调度、组织劳动生产、产品检验与测试等整个生产过程的多方面统一体。汽车的生产工艺是对整个汽车生产过程的正确表述,其核心是汽车制造工艺。汽车制造工艺是企业生产的基础,它直接影响着产品的质量、生产效率、企业的有序运作和经济效益。

汽车的质量和性能首先取决于设计,有了好的设计,汽车的质量和可靠性则取决于工艺水平。在保证汽车产品质量的前提下,降低生产成本、同时提高劳动生产率,是研究汽车制造工艺的出发点,也是汽车制造工艺人员的根本任务。

学习和研究汽车制造工艺学的目的就是为完成上述根本任务打好必要的理论基础。对于工艺人员,重点是要研究保证汽车零件加工精度和表面质量的方法,同时研究如何制定工艺方案,其中包括零件加工方法的选择、零件加工余量和工序尺寸的确定、零件基准的选择、工序的安排以及设备与工装的选择等。

工艺理论和工艺方法的运用灵活性很大,因此在掌握基础理论和方法后,需对实际应用中的具体情况、具体问题具体分析,本着优质、高产、低耗的原则,在生产中正确运用工艺理论和工艺方法,在生产中不断提高工艺人员的工艺水平。

汽车制造工艺学是汽车制造业工艺的核心,但并不是制造工艺工作的全部。工艺人员不但要能熟练地制定工艺;还要有相应的管理知识和能力;更要有相关专业的技术知识,既要有一定的铸造、锻压、热处理等专业知识,还必须要有工具、夹具设计与制造、机床维修及数控技术等方面的知识;并能经常在生产中调研、总结,密切研究国、内外汽车制造企业的先进制造工艺及技术动态等。

# 第 1 章 汽车零件机械加工工艺基本概念

## 1.1 机械加工工艺过程及其组成

### 1. 机械加工工艺过程的基本概念

在生产过程中按一定顺序逐渐改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为(预期)成品或半成品的方法和具体过程,称为工艺过程。在汽车产品的制造生产中,其工艺过程包括了毛坯(铸件、锻件等)的生产工艺过程、热处理工艺过程、机械零件的机械加工工艺过程、总成(总成是由若干个零件按规定技术要求组装的装配单元)或部件及汽车产品的调试、装配工艺、检验工艺过程等。

机械加工工艺过程和装配工艺过程等,都是由若干道按一定顺序排列的工序组成的。下面以机械加工工艺过程为例说明工艺过程的组成。

### 2. 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由若干个顺序排列的工序组成的;而工序又可分为若干个安装、工位、工步和走刀,前者包含后者。

#### 1) 工序

工序是指一个工人或一组工人在一台机床或一个工作场地,对一个或同时对几个工件进行连续加工,所完成的那一部分工艺过程,期间可能要经过几次安装。区分工序的主要依据,是工作场地(或设备)是否变动和完成的那部分工艺内容是否连续。

工序是组成工艺过程的基本单元,不仅能够反映加工的阶段性,而且也是制定时间定额、工人配备、作业安排和质量检验等的基本单元。

例如,在车床上加工一批轴,既可以对每一根轴连续地进行粗加工和精加工,也可以先对整批轴进行粗加工,然后再依次对它们进行精加工。在第一种情形下,由于加工场地不变且工作连续,所以加工只包括一个工序,属于工序集中;而在第二种情形下,虽然加工是在同一台机床上进行的,由于加工过程的连续性中断,就变成为粗、精加工两个工序,相对第一种情形属于工序分散。

工序集中就是将工件加工内容集中在少数几道工序内完成,每道工序的加工内容较多。工序集中的特点:

(1) 减少工件安装次数,在一次安装中完成零件多个表面的加工,保证产品的相互位置精度;

(2) 减少工序数目,缩短工艺路线,简化生产计划工作;

(3) 机床数量少,节省车间面积,简化生产计划和生产组织工作;

(4) 操作工人较少,工人操作技术要求较高;

(5) 专用机床和工艺设备成本高,调整维修费时费事,生产准备工作量大;

(6) 适用于单件生产。

工序分散就是将工件加工内容分散在较多的工序中进行,每道工序的加工内容较少,最

少时每道工序只包含一个简单工步。工序分散的特点：

- (1) 每台机床只完成一个工步,易于组织流水生产;
- (2) 机床设备及工艺装备简单,生产准备工作量少,便于平衡工序时间;
- (3) 设备数量多,占用场地大,生产计划和生产组织工作较复杂;
- (4) 操作工人较多,工人操作技术要求较低;
- (5) 采用结构简单的高效机床和工装,易于调整;
- (6) 适用于批量生产,尤其是汽车零件的流水线批量生产。

在实际生产中,工序集中、工序分散的合理设计要根据实际生产中企业的生产类型、企业的生产能力、工件结构特点和技术要求、工人技术水平、生产成本和品质要求等进行综合分析,择优选用。

单件小批生产采用工序集中,可以简化生产计划和组织工作;对于大(重)型工件,为了减少工件装卸和运输的劳动量,工序也应适当集中;对于汽车零件这种大批大量生产的产品,可将工序分散后组织流水生产;对一些结构简单的产品,如轴承和刚性较差、精度较高的精密零件,工序应适当分散。

## 2) 安装

在一个工序中,工件在机床或夹具中一次装夹(即每定位和夹紧一次)所完成的那部分工序内容,称为一次安装。在一道工序中可以有一个或多个安装。

例如,在车床上加工轴,先从一端加工出部分表面,然后调头再加工另一端,这时的工序内容就包括两个安装。

## 3) 工位

在工件的一次安装中,通过分度或移位装置,使工件相对于机床床身变换加工位置,把每一个加工位置上的安装内容称为一个工位。每一个安装可能包含一个或几个工位。

如图 1.1 所示为一回转工作台(多工位回转工作台)加工孔,钻、扩、铰各为一个加工内容,装夹一次产生一个合格的零件。该安装加工共有 4 个工位:工位 1 为装卸工件,工位 2 为钻孔,工位 3 为扩孔,工位 4 为铰孔。

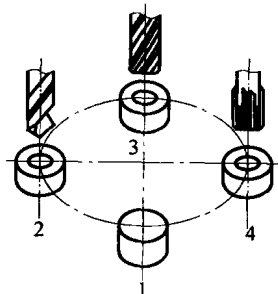


图 1.1 多工位加工

## 4) 工步

为了详细分析和描述工序的内容,工序还可以进一步划分到工步。工步是指加工表面和加工工具不变的情况下,所连续完成的那一部分工序。一个工序可以包括几个工步,也可以只有一个工步。

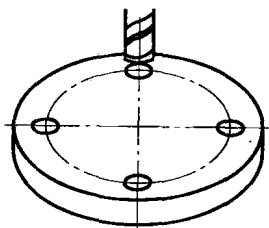


图 1.2 钻削圆盘形工件上的 4 个  $\phi 8$  孔

## 5) 走刀

在一个工步内,若被加工表面即材料层需被切去的金属层很厚,需分几次切削去除,则每进行一次切削就是一次走刀,生产中也常称为“进给”。一个工步可以包括一次走刀或几次走刀。例如轴类零件如果要切去的金属层很厚,则需分几次切削,这时每切削一次就称为一次走刀。

为了提高生产率,多工位、多刀或多面同时加工,使工件几个表面同时进行加工,亦可看作一个工步,这就称为复合工步。如图 1.2 所示,在组合钻床上加工多孔箱体孔,零件上 4 个  $\phi 8$  孔的



钻削,可以作为一个工步,即钻  $4 \times \phi 8$  为一个复合工步。

综上所述,一个工件的机械加工工艺流程,通常要由若干道顺序完成的工序组成。其中工序是组成工艺流程的最基本单元。在一个工序中可能包含有一个或几个安装,每一个安装可能包含一个或几个工位,每一个工位可能包含一个或几个工步,每一个工步可能包括一个或几个走刀。

**例 1.1** 如图 1.3 所示的圆盘零件,设计其单件小批及成批生产时的加工工艺过程。

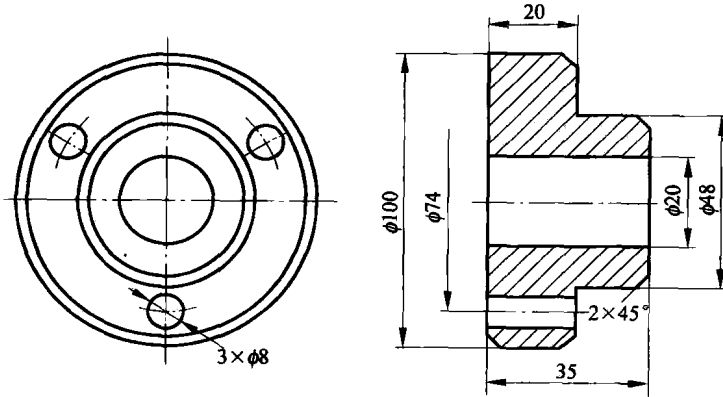


图 1.3 圆盘零件

**解:** 单件小批生产时加工工艺过程如表 1.1 所示;成批生产时加工工艺过程如表 1.2 所示。

表 1.1 圆盘零件机械加工工艺过程(单件生产)

工序号	工序名称	安 装	工步	工 序 内 容	走刀	设备
1	车削	I (三爪自定心卡盘夹紧毛坯小端外圆)	1	车大端端面	—	车床
			2	车大端外圆到 $\phi 100$ mm	—	
			3	钻 $\phi 20$ mm 孔	—	
			4	倒角	—	
		II (工件调头,三爪自定心卡盘夹紧毛坯大端外圆)	5	车小端面,保证尺寸 35 mm	—	
			6	车小端外圆到 $\phi 48$ mm,保证尺寸 20 mm	—	
			7	倒角	—	
2	钻削	I (钻床夹具装夹工件)	1	依次加工 3 个 $\phi 8$ mm 孔	—	钻床
			2	在夹具中修去孔口的锐边及毛刺		

由表 1.1 可知,该零件的机械加工分车削和钻削两道工序,两者的操作工人、机床及加工连续性均已发生了变化。而在车削加工工序中,虽然含有多个加工表面和多种加工方法(如车、钻等),但由于其划分工序的要素未改变,故仍属同一工序。

表 1.2 分为 4 道工序。虽然工序 1 和工序 2 同为车削,但由于加工连续性已变化,因此应该设定两道工序;同样工序 4 修孔口锐边及毛刺,因为使用设备和工作地均已变化,因此也应作为另一道工序。