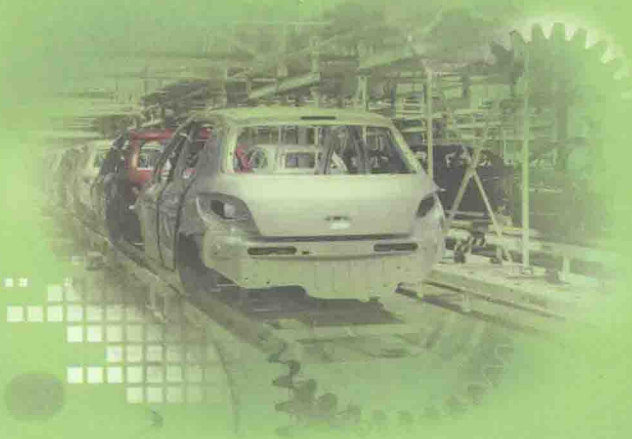


普通高等院校机械工程学科“卓越工程师教育培养计划”系列规划教材

汽车制造工艺学

◎主 编 黄树涛



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等院校机械工程学科“卓越工程师教育培养计划”

汽车制造工艺学

主 编 黄树涛

副主编 周秋忠 苏向东 张 旭



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车制造工艺学/黄树涛主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 1

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9133 - 0

I. ①汽… II. ①黄… 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 (2014) 第 081654 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>

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 / 16

字 数 / 360 千字

版 次 / 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 36.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

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

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》文件和“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。为此，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、大连工业大学机械与自动化学院、辽宁科技大学机械与自动化学院、辽宁工业大学机械与自动化学院、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辽宁省11所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、辽宁省11所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、工作准备和调研沟通，以创新、合作、融合、共赢、整合跨院校优质资源的工作方式，结合辽宁省11所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”的原则确定编写机械设计与制造、机械电子工程及车辆工程等机械工程学科课程体系教材。本套丛书力求结构严谨、逻辑清晰、叙述详细、通俗易懂。全书有较多的例题，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。

辽宁省11所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

“汽车制造工艺学”是全国普通高校车辆工程专业本科人才培养方案中设置的一门主干技术基础课程。通过该课程的学习，学生可以了解汽车生产过程的特点与组织形式，掌握汽车毛坯和零件的主要加工工艺方法以及设备、零件加工工艺规程的设计内容和方法，掌握机械加工质量的影响因素和控制方法等基本理论知识，并学会运用工艺知识来分析和评判车辆（汽车）零部件结构的工艺性，为毕业后从事车辆（汽车）的结构设计、工艺设计及管理工作奠定基础。

本教材的编写遵循“系统的专业基础知识培养”和“专业工程能力训练”相融合的原则，在内容安排上既突出较为系统的基础理论知识，又能反映先进的汽车制造工艺技术，力求根据汽车制造过程的特点，为学生建立合理的制造工艺知识结构，并着力培养学生的工程素养和实践能力，以满足学生就业需求并使之具有再学习和可持续发展的职业能力。因此，教材编写内容的特点就是既有丰富的理论知识，又有大量翔实的汽车制造工艺实例，两者相互穿插。每个理论知识点后面都配有工程实例讲解，在帮助学生理解理论知识的同时，突出理论知识的工程应用，培养学生的实际工程应用能力。

本课程应在完成机械制图、汽车构造、汽车材料、机械设计、金工实习等技术基础课程和相关实践教学环节后学习。根据作者多年的教学实践经验，建议课后安排学生在汽车生产企业实习或参观汽车材料零部件成形与加工工艺展示厅，通过生产现场进一步强化对汽车制造生产运行情况与典型零件加工工艺的认识，巩固对课程理论知识的理解。如果能有计划地安排学生从事汽车零件制造工艺课程设计，对课程知识进行消化、吸收和应用，那么对提高学生的工程实践能力，将起到重要推动作用。

本教材由沈阳理工大学汽车与交通学院黄树涛教授担任主编。编写人员有周秋忠、苏向东、张旭。其中：黄树涛编写第3章；张旭编写第1章、第7章和第8章；周秋忠编写第2章、第5章；苏向东编写第4章、第6章。

由于编者水平有限，书中错误在所难免，敬请批评指正。

编者

第1章 汽车制造工艺概论	001
1.1 汽车整体构成及制造过程	001
1.1.1 汽车整体构成	001
1.1.2 汽车制造过程	001
1.1.3 汽车制造体系的构成	002
1.2 汽车零部件的生产类型	003
1.2.1 生产纲领	003
1.2.2 生产类型	004
第2章 汽车零件毛坯制造工艺基础	006
2.1 铸造工艺基础	006
2.1.1 铸造工艺过程及其特点	007
2.1.2 汽车零件铸件类型	009
2.1.3 铸件结构工艺性	011
2.2 锻造工艺基础	011
2.2.1 模型锻造工艺	012
2.2.2 金属辊压回转加工	015
2.3 冲压工艺基础	016
2.3.1 冲压工序的分类	016
2.3.2 车身覆盖件的冲压工艺	018
2.3.3 车身冲压材料	023
2.4 焊接工艺基础	025
2.4.1 常见焊接方法	025
2.4.2 白车身的装焊工艺	029
2.4.3 装焊工艺性	032
2.5 塑料成形工艺基础	034
2.5.1 汽车中常用的塑料	034
2.5.2 塑料成形工艺	035

目 录

Contents

第3章 汽车零件机械加工工艺及设备基础	039
3.1 概述	039
3.1.1 零件表面形成及机械加工成形原理	039
3.1.2 机床的运动	042
3.1.3 金属切削机床概述	044
3.2 车削加工	046
3.2.1 车削加工及车床的典型加工工艺	046
3.2.2 车削加工常用设备	047
3.2.3 车削加工的主要刀具及在数控车床上的安装	051
3.3 铣削加工	053
3.3.1 铣削加工及典型加工工艺	053
3.3.2 铣削加工常用设备	054
3.3.3 铣削加工的主要刀具	057
3.3.4 典型零件的数控铣削加工	058
3.4 钻削加工	058
3.4.1 钻削加工及钻床的典型加工工艺	058
3.4.2 钻削加工常用设备	059
3.4.3 钻削加工的主要刀具	061
3.5 镗削加工	062
3.5.1 镗削加工及镗床的典型加工工艺	062
3.5.2 镗削加工常用设备	063
3.5.3 镗削加工的主要刀具	065
3.6 磨削加工	065
3.6.1 普通磨削加工工艺特点	065
3.6.2 磨削加工常用设备	066
3.6.3 磨削加工的主要工具——砂轮	071
3.7 齿轮轮齿齿面加工	071
3.7.1 齿轮轮齿齿面的加工方法	071

3.7.2	齿轮加工常用设备	072
3.7.3	齿轮加工的主要刀具	074
3.8	汽车典型零件机械加工工艺及设备选择示例	075
3.8.1	应用一般数控机床的加工工艺	075
3.8.2	应用双主轴高速车铣加工中心的加工工艺	080
第4章	工件装夹与机床夹具	089
4.1	夹具与工件装夹	089
4.1.1	工件的装夹	089
4.1.2	工件定位基准	090
4.1.3	夹具的功能	092
4.1.4	夹具的分类	092
4.1.5	夹具的构成	093
4.2	工件定位原理	093
4.2.1	工件的自由度	093
4.2.2	六点定位规则	094
4.2.3	工件加工时应限制的自由度	096
4.3	定位元件	097
4.3.1	平面定位元件	097
4.3.2	外圆定位元件	100
4.3.3	孔定位元件	100
4.4	组合定位	102
4.4.1	工件定位状态分析	102
4.4.2	双顶尖轴组合定位分析	102
4.4.3	双V形块定位状态分析	104
4.4.4	一面两销	105
4.4.5	组合定位状态	106
4.5	定位误差分析	106

目 录

Contents

4.6	夹具夹紧装置	110
4.6.1	夹紧装置组成	110
4.6.2	典型夹紧机构	111
4.6.3	夹紧装置的设计要求	114
4.7	典型机床夹具	116
4.7.1	车床夹具	116
4.7.2	铣床夹具	118
4.7.3	钻床夹具	122
4.7.4	镗床夹具	126
第5章	机械加工工艺规程的制订	132
5.1	工艺过程的组织	132
5.1.1	汽车生产过程和工艺过程	132
5.1.2	机械加工工艺过程的组成	133
5.2	机械加工工艺规程的制订依据及步骤	136
5.2.1	机械加工工艺规程的概念及包含信息	136
5.2.2	工艺规程文件的类型及格式	137
5.2.3	工艺规程的作用	140
5.2.4	制订工艺规程的原则和主要依据	141
5.2.5	制订工艺规程的步骤	141
5.3	工艺路线的制订	145
5.3.1	加工经济精度和表面粗糙度	145
5.3.2	表面加工方法的选择	151
5.3.3	机械加工顺序的安排	155
5.3.4	其他工艺的安排	155
5.3.5	加工阶段的划分	156
5.3.6	工序集中与分散（工序的组成）	157
5.3.7	机床（设备）和工艺装备的选择	159

5.4	定位基准的选择	160
5.4.1	粗基准的选择	160
5.4.2	精基准的选择原则	162
5.5	工序设计	164
5.5.1	加工余量的确定	164
5.5.2	切削用量的确定	166
5.5.3	时间定额的确定	167
5.6	工艺尺寸链的原理及应用	168
5.6.1	工艺尺寸链概念	168
5.6.2	工艺尺寸链的计算方法	169
5.6.3	工艺尺寸链的建立	171
5.6.4	工艺尺寸链的计算实例	173
5.7	工艺方案的经济分析及提高生产率措施	176
5.7.1	工艺过程的经济分析	176
5.7.2	提高机械加工生产率的工艺措施	178
第6章	机械加工质量	181
6.1	机械加工质量的内涵	181
6.1.1	加工质量	182
6.1.2	零件加工精度获得的方法	184
6.1.3	误差分析的研究方法	185
6.2	工艺系统几何误差与控制	188
6.2.1	加工原理误差	188
6.2.2	调整误差	188
6.2.3	机床误差	188
6.2.4	刀具误差	192
6.2.5	夹具几何误差	193
6.2.6	测量误差	193

目 录

Contents

6.3	工艺系统受力变形误差及其控制	194
6.3.1	工艺系统刚度	194
6.3.2	车床刀架刚度变形曲线	194
6.3.3	复映误差	195
6.3.4	提高工艺系统刚度措施	195
6.4	工艺系统热变形误差与控制	197
6.4.1	工艺系统热源	197
6.4.2	工艺系统热变形引起的误差	197
6.4.3	内应力引起的误差	201
6.5	影响表面质量的因素及其控制	202
6.5.1	加工表面粗糙度影响因素及改进	202
6.5.2	影响表层力学性能因素及改进	204
第7章	汽车典型零部件制造工艺	208
7.1	齿轮制造工艺	208
7.1.1	齿轮的结构特点及结构工艺性分析	208
7.1.2	齿轮的机械加工工艺	210
7.2	曲轴制造工艺	214
7.2.1	曲轴的主要技术要求及结构特点	214
7.2.2	曲轴的机械加工工艺	215
7.3	连杆制造工艺	219
7.3.1	连杆的结构特点及结构工艺性分析	219
7.3.2	连杆机械加工工艺	221
7.3.3	连杆的机械加工工艺实例	223
第8章	装配工艺基础	226
8.1	概述	226
8.1.1	装配的概念	226
8.1.2	装配工作的主要内容	226

8.2 常用装配方法	227
8.2.1 互换装配法	227
8.2.2 选择装配法	228
8.2.3 调整装配法	229
8.2.4 修配装配法	230
8.3 装配尺寸链分析	230
8.3.1 装配工艺尺寸链的建立	230
8.3.2 装配工艺尺寸链的计算	231
8.4 装配工艺规程的制订	232
8.4.1 制订装配工艺规程的基本原则	232
8.4.2 装配工艺规程的内容及制订的依据	232
8.4.3 制订装配工艺规程的步骤	232
8.4.4 装配工艺过程	233
参考文献	236



第1章 汽车制造工艺概论

【本章知识点】

1. 了解汽车的整体结构及各部分的作用。
2. 了解汽车的制造过程。
3. 了解生产纲领和生产类型的基本概念。

1.1 汽车整体构成及制造过程

1.1.1 汽车整体构成

汽车是由成千上万个零件构成的复杂的陆上交通工具。根据其动力装置和使用条件的不同,汽车在具体结构上有很大的差别,但其总体结构一般包括发动机、底盘、车身以及电气与电子装备四大部分。

1. 发动机

发动机是使输送进来的燃料燃烧而发出动力的装置。现代汽车上常用的发动机是往复式塞式汽油或柴油内燃机,它一般包括曲柄连杆机构、配气机构、供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统和启动系统。

2. 底盘

底盘是汽车的基体,接受来自发动机的动力。它主要包括传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统四大部分。

3. 车身

车身是驾驶员工作的场所,同时也是装载乘客和货物的部件。根据结构不同分为承载式车身和非承载式车身。

4. 电气与电子设备

电气与电子设备主要包括电源组、发动机点火设备、发动机启动设备、导航系统、电子防抱死制动系统,等等。

1.1.2 汽车制造过程

汽车是一种复杂的机电产品,制造过程十分复杂。汽车的制造过程是指将原材料转变为



汽车产品的整个生产过程。汽车的制造过程包括零件毛坯的制造、机械加工、热处理、装配等。这些过程是汽车生产中的中心环节,除上述生产过程外,还包括保证生产过程能正常进行所必需的其他一些辅助生产过程,例如生产过程中的运输、储存、保管,投产前的技术准备、生产准备、产品的销售及售后服务等。

汽车的制造过程涉及多个行业,如机械制造行业、玻璃制造行业及橡胶塑料制品行业、电子电器行业、化学化工行业等。在社会化大生产中,一个汽车企业或公司是不可能承担全部汽车零部件的生产的。汽车企业一般只完成汽车主要零件或部件的生产,如发动机、变速器、驱动桥、转向机构、车架、车身等的主要零件制造和总成的装配,其余零部件或附件则由其他专业厂家协作生产。在汽车制造企业内部,按产品专门化和工艺专业化的原则,设置铸造、锻造、热处理、发动机、变速器或传动器、驱动桥、转向器等车间,它们专门制造不同车型的多种零件或总成,以利于保证制品的制造质量和降低制造成本等。汽车行业是一个行业关联性强、技术密集、资金密集的产业,汽车行业的发展能带动其他行业的发展。

1.1.3 汽车制造体系的构成

在生产过程中,直接改变生产对象的形状、尺寸、表面之间的相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程,称为工艺过程。汽车制造的工艺过程包括毛坯(铸件、锻件等)制造工艺过程、热处理工艺过程、机械加工工艺过程、装配工艺过程等。将原材料通过铸造或锻造方法制造成铸件或锻件,称为铸造或锻造工艺过程,统称为毛坯制造工艺过程。

在机床设备上利用切削刀具,将毛坯或工件加工成零件的过程,称为机械加工工艺过程。机械加工工艺过程主要是改变生产的形状和尺寸的过程。根据机械加工中有无切屑产生,又可分为切削加工和无屑加工两类。切削加工主要是利用切削刀具从生产对象(工件)上切除多余材料的加工方法,如在汽车零件制造中常采用的车、钻、铰、铣、拉、镗、磨、研磨、抛光、超精加工和齿轮轮齿加工中的滚齿、插齿、剃齿,以及锥齿轮轮齿加工中的铣齿、拉齿等加工方法。无屑加工主要是使用滚挤压工具对生产对象施加压力,使其产生塑性变形而成形并使其表面强化的加工方法,如汽车零件制造中采用的热轧齿轮轮齿,冷轧和冷挤压齿轮轮齿,滚挤压轴类零件外圆和内孔等。

按规定的装配技术要求,将零件或总成(部件)进行配合和连接,使之成为半成品或成品的工艺过程,称为装配工艺过程。它是改变零件、装配单元(总成或部件)间的相对位置的过程,分为总成或部件的装配(分装或部装)和汽车整车的总装配。汽车生产流程图如图1-1所示。

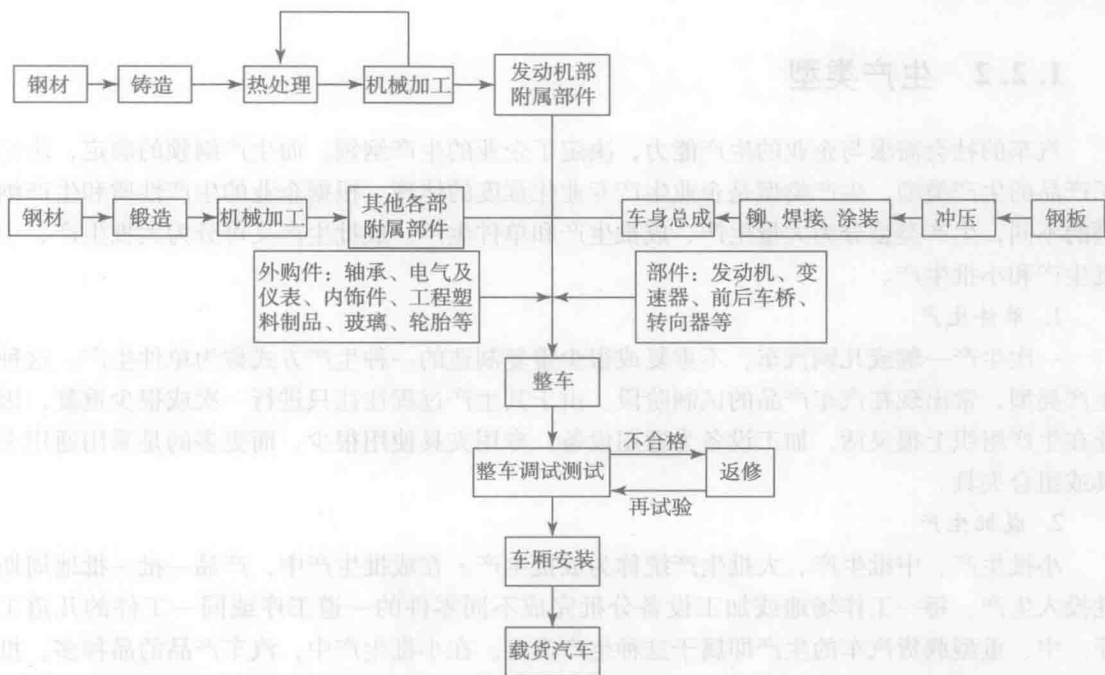


图 1-1 汽车生产流程图

1.2 汽车零部件的生产类型

1.2.1 生产纲领

汽车企业，根据市场需求和本企业的生产能力制订的年（或月）产量和进度计划，称为该企业的生产纲领，生产纲领表征该企业的生产规模。而汽车零件的生产纲领，可按下式计算：

$$T = Zn(1 + a\%)(1 + b\%) \tag{1.1}$$

式中 Z ——企业产品的生产纲领，台（或辆）/年（或月）；
 n ——每台（或每辆）产品中该零件的件数，件/台（或辆）；
 $a\%$ ——备品率；
 $b\%$ ——废品率。

将生产纲领计划的零件数量，在一定的时间内分批生产，每批生产的数量即为批量。汽车制造企业常用生产节拍控制其生产能力。所谓生产节拍是指在汽车零件的生产线上，工序之间被加工零件流动的时间间隔。

1.2.2 生产类型

汽车的社会需求与企业的生产能力,决定了企业的生产纲领。而生产纲领的确定,决定了产品的生产类型,生产类型是企业生产专业化程度的体现。根据企业的生产性质和生产纲领的不同,生产类型分为大量生产、成批生产和单件生产。成批生产又可分为大批生产、中批生产和小批生产。

1. 单件生产

一次生产一辆或几辆汽车,不重复或很少重复制造的一种生产方式称为单件生产。这种生产类型,常出现在汽车产品的试制阶段。由于其生产过程往往只进行一次或很少重复,因此在生产组织上很灵活,加工设备为通用设备,专用夹具使用很少,而更多的是采用通用夹具或组合夹具。

2. 成批生产

小批生产、中批生产、大批生产统称为成批生产。在成批生产中,产品一批一批地周期性投入生产。每一工作场地或加工设备分批完成不同零件的一道工序或同一工件的几道工序。中、重型载货汽车的生产即属于这种生产类型。在小批生产中,汽车产品的品种多,批量不大,其特征与单件生产相近,而中批生产和大批生产的工艺特征与大量生产相似,故通常把这些生产类型称之为单件小批生产和大批大量生产。

3. 大量生产

产品的品种不多,但数量很大,每一设备或工作场地重复地进行一种零件或几种相似零件的某一工序的生产。汽车发动机大部分零部件均属于这种生产类型。由于大量生产的零件数量很多,因此,在生产组织上,按零件的结构或部件的相对独立功能进行专业化生产,如发动机、变速器、车身等的生产部门分别称为发动机分厂、变速器分厂和车身分厂等。为提高生产效率,这些专业化分厂常采用机床设备、专用工艺设备,并按工艺规程顺序组织生产。生产类型的划分依据见表1-1。

表1-1 汽车制造厂机械加工车间生产类型的划分依据

汽车特征 生产类型		轿车或1.5 t以下商用 车年产量/辆	商用车或特种车年产量/辆	
			2~6 t 汽车	8~15 t 汽车
单件生产		各类汽车新产品的试制,数量一般为一辆或几十辆		
成批 生产	小批量	2 000 以下	1 000 以下	500 以下
	中批量	2 000~10 000	1 000~10 000	500~5 000
	大批量	10 000~50 000	10 000~30 000	5 000~10 000
大量生产		50 000 以上	30 000 以上	10 000 以上

本章小结

本章先从宏观上说明汽车生产过程及工艺过程的概念与组织形式。在学习,要求从了解汽车及其零部件生产模式、现代汽车制造业发展状况和汽车大量流水生产的特点出发,了