



高等职业教育“十二五”规划教材

汽车制造工艺

QICHE ZHIZAO GONGYI

主编 杜绍研 冯春军



航空工业出版社

高等职业教育“十二五”规划教材

汽车制造工艺

主编 杜绍研 冯春军



航空工业出版社

北京

内 容 简 介

本书以汽车制造中的工艺方法为主线,详细介绍了从毛坯制造到零部件机械加工,再到总成及整车装配等汽车制造全过程中所涉及的工艺基础知识,具体内容分为九章,分别是汽车制造概述、汽车零部件毛坯制造工艺基础知识、机床夹具与工件的定位、汽车零部件机械加工工艺基础知识、汽车装配工艺基础知识、汽车典型零件制造工艺、汽车车身制造工艺、汽车产品设计的结构工艺性、汽车先进制造技术与工艺等。

本书实例丰富,内容新颖,紧跟时代及汽车行业的发展。本书可作为高职高专车辆(汽车)工程相关专业的教材,还可用于汽车设计、制造等相关从业人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车制造工艺 / 杜绍研, 冯春军主编. -- 北京 :
航空工业出版社, 2015. 8
ISBN 978-7-5165-0848-0

I. ①汽… II. ①杜… ②冯… III. ①汽车—生产工
艺—高等职业教育—教材 IV. ①U466

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第191381号

汽车制造工艺 Qiche Zhizao Gongyi

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑2号院 100012)

发行部电话: 010-84936597 010-84936343

北京忠信印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2015年8月第1版

2015年8月第1次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 15.25

字数: 352千字

印数: 1—3000

定价: 39.80元

编者的话

随着汽车工业的快速发展，我国社会对汽车及相关产业从业人员的需求量越来越大，对从业人员专业技能的要求也越来越高。因此，为满足新形势下对汽车高职高专技术人才培养的需求，我们特组织一批经验丰富的一线教师及资深汽车技术人员编写了《汽车制造工艺》一书。

本书在编写时着重突出以下鲜明特征：

1. 实用为主，够用为度。本书在内容编排上坚持“实用为主，够用为度”的原则，重点介绍汽车制造的工艺过程和各零部件的加工方法，大幅删减了理论推导和计算的内容，注重对相关知识的应用。

2. 结合实际，实例丰富。本书围绕汽车制造工艺的理论知识，结合生产实际情况，列举了丰富的汽车零部件实例，并介绍了在生产厂家中广泛应用的典型工艺过程，使学生尽可能多地了解与汽车制造生产相关的工艺知识。

3. 紧跟时代，内容新颖。本书中所有涉及国家标准和行业标准的内容，全部贯彻最新标准；同时本书结合汽车工业的发展，介绍了汽车制造的相关最新工艺和技术，使学生了解汽车制造的发展动态，开拓视野，丰富知识。

本书由杜绍研、冯春军担任主编，由刘利萍、曹丽娟、薛芳、贺翠华、潘冬敏、刘宏峰担任副主编。

由于编写时间较紧，加之编者水平有限，本书中不妥之处在所难免，敬请各位专家、同行和读者不吝赐教，以帮助本书不断完善。

本书在编写过程中借鉴了大量的相关资料和教材，在此，特向这些资料和教材的作者表示衷心的感谢。

另外，本书配有丰富的教学资源包，读者可登录北京金企鹅联合出版中心的网站（www.bjjqe.com）下载。

编者
2015年7月

目 录

第一章 汽车制造概述	1
第一节 汽车的生产过程及工艺过程	1
一、汽车生产过程	1
二、汽车制造的工艺过程	3
第二节 汽车及其零部件的生产类型及工艺特征	5
一、生产纲领	5
二、生产类型及其工艺特征	6
第三节 本课程的性质、任务及学习目标	7
一、本课程的性质与任务	7
二、本课程的学习目标	8
思考题	9
第二章 汽车零部件毛坯制造工艺基础知识	10
第一节 铸造工艺基础	10
一、铸造的特点及分类	10
二、合金的铸造性能	11
三、砂型铸造	12
四、特种铸造	15
五、铸件的结构工艺性	18
第二节 锻压工艺基础	19
一、概述	19
二、锻造方法	21
第三节 冲压工艺基础	24
一、冲压的特点及应用	24
二、冲压设备	24
三、冲压工艺	25
四、冲模	26



五、冲压件的结构工艺性	28
第四节 焊接基本工艺	29
一、焊接的特点及分类	29
二、常用焊接方法	30
三、材料的焊接性能	34
思考题	35
第三章 机床夹具与工件的定位	36
第一节 夹具的功用、组成和分类	36
一、夹具的功用	36
二、夹具的组成	37
三、夹具的分类	38
第二节 工件在夹具中的定位	39
一、定位原理	39
二、基准和定位副	42
三、常见定位方式	44
四、常见的定位元件	46
第三节 工件在夹具中的夹紧	52
一、夹紧装置的组成和基本要求	52
二、夹紧力三要素的确定	53
三、常用夹紧装置	56
思考题	60
第四章 汽车零部件机械加工工艺基础知识	62
第一节 切削加工的基础知识	62
一、切削加工概述	62
二、切削过程的基础知识	63
第二节 车削、钻削和铰削	65
一、车削	65
二、钻削	70
三、铰削	74
第三节 铣削、拉削和镗削	76
一、铣削	76
二、拉削	81
三、镗削	83

第四节 磨削	85
一、磨削概述	85
二、磨床	86
三、砂轮	87
四、磨削的工艺方法	89
第五节 精整、光整加工	91
一、精（光）整加工的定义	91
二、典型的精（光）整加工方法	92
第六节 数控加工技术	95
一、数控加工的基础知识	95
二、数控车床	98
三、数控铣床	99
第七节 齿轮轮齿的加工	101
一、轮齿的加工方法	101
二、轮齿加工工艺分析	105
思考题	106
第五章 汽车装配工艺基础知识	108
第一节 装配的基础知识	108
一、装配的基本概念	108
二、装配精度	109
三、装配工作的内容	110
第二节 保证装配精度的装配方法	112
一、互换装配法	112
二、选择装配法	113
三、调整装配法	115
四、修配装配法	117
第三节 装配工艺规程	118
一、概述	118
二、装配工艺过程	119
第四节 汽车总装配工艺过程	122
一、概述	122
二、汽车总装配的一般技术要求及工艺路线	122
三、汽车主要装配工艺介绍	124
四、汽车主要装配设备和工艺装备	124

五、汽车总装配工艺过程举例	126
思考题	127
第六章 汽车典型零件制造工艺	129
第一节 齿轮制造工艺	129
一、概述	129
二、齿轮机械加工工艺	134
三、典型汽车齿轮的加工工艺过程	137
第二节 连杆制造工艺	139
一、概述	139
二、连杆机械加工工艺	142
三、典型的连杆加工工艺过程	146
第三节 曲轴制造工艺	146
一、概述	146
二、曲轴的机械加工工艺	148
三、曲轴典型机械加工工艺过程	152
第四节 箱体零件制造工艺	154
一、概述	154
二、箱体零件的机械加工工艺	157
思考题	161
第七章 汽车车身制造工艺	162
第一节 汽车车身概述	162
一、汽车车身的基本构造	162
二、汽车车身结构的类型	163
三、汽车车身材料	164
四、汽车车身制造过程	166
第二节 汽车车身覆盖件冲压工艺	166
一、车身覆盖件的结构特点	166
二、车身覆盖件的质量性能要求	167
三、车身覆盖件的冲压成形特点	168
四、车身覆盖件冲压基本工序	168
第三节 汽车车身装焊工艺	169
一、汽车车身装焊的工艺特点	169
二、轿车白车身的装焊程序	169
三、汽车车身常用焊接方法及焊接工艺	171

四、车身装焊夹具及装焊生产线	177
第四节 车身涂装工艺	182
一、概述	182
二、汽车车身用涂料	182
三、汽车车身涂装工艺流程	186
四、涂装方法及设备	188
五、车身涂装的典型工艺	191
思考题	192
第八章 汽车产品设计的结构工艺性	194
第一节 概述	194
一、结构工艺性的概念	194
二、结构工艺性的评价标准	195
第二节 零件结构的机械加工工艺性	196
一、零件结构要素的标准化	196
二、尽量采用标准件和通用件	197
三、提高产品的继承性	197
四、采用切削加工性好的材料	197
五、具有可靠定位用的定位基准和夹紧表面	198
六、易于保证零件的加工精度	199
七、保证能以高生产效率加工	199
八、保证刀具正常工作的条件	203
九、零件加工时应具有足够的刚性	204
第三节 产品结构的装配工艺性	205
一、产品能分解成若干个独立装配的装配单元	205
二、产品具有正确的装配基准	206
三、产品便于装配和拆卸	207
四、正确选择装配方法	208
五、尽量减少装配时的修配和机械加工	208
思考题	209
第九章 汽车先进制造技术与工艺	211
第一节 汽车先进制造技术概述	211
一、先进制造技术的特点	211
二、先进制造技术的类型	212
三、先进制造技术的发展方向	212

第二节 现代制造工艺技术·····	213
一、特种加工·····	213
二、快速成形技术·····	218
三、高速加工·····	221
四、超精密加工·····	222
第三节 自动化加工技术·····	223
一、计算机辅助设计与制造·····	223
二、工业机器人技术·····	225
三、柔性制造系统·····	227
第四节 先进制造生产模式·····	228
一、敏捷制造·····	228
二、精益生产·····	230
三、虚拟制造·····	232
思考题·····	233
参考文献·····	234

第一章 汽车制造概述



学习目标

1. 了解汽车生产过程的组成及分工;
2. 了解汽车制造工艺过程的组成;
3. 了解汽车及零部件的生产类型与工艺特征;
4. 了解本课程的性质、任务及学习目标。

第一节 汽车的生产过程及工艺过程

一、汽车生产过程

汽车的生产过程是指将原材料转变为汽车产品的全过程。由于汽车是一种复杂的机电产品,汽车产品的类型繁多,组成汽车产品的零部件也非常多,一些零件及总成的技术要求较高,所以汽车产品的生产过程十分复杂。

(一) 汽车生产过程的组成

如图 1-1 和图 1-2 所示分别是以载货汽车和轿车为例,表示出的汽车主要生产过程的方框图。从图中可以看出,汽车的生产过程包括毛坯(铸件、锻件等)的制造、零件的机械加工、毛坯和零件的热处理、总成(或部件)的装配和汽车产品的总装配等基本生产过程。除上述基本生产过程外,汽车生产过程还包括保证生产过程能正常进行所必需的其他过程,如动能(压缩空气、蒸汽、煤气等)的生产、非标准设备及工艺装备的生产等,它们统称为辅助生产过程。此外,为保证生产的正常进行和产品质量,汽车生产过程还包括各生产环节之间的运输、保管、产品的销售及售后服务等服务过程和生产及技术准备过程。

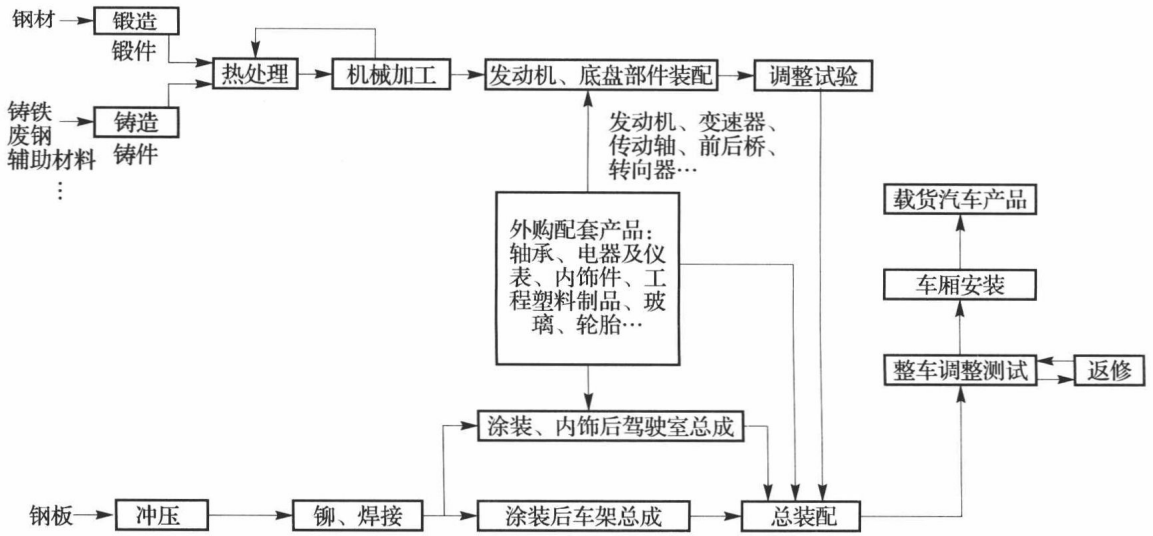


图 1-1 载货汽车主要生产过程的方框图

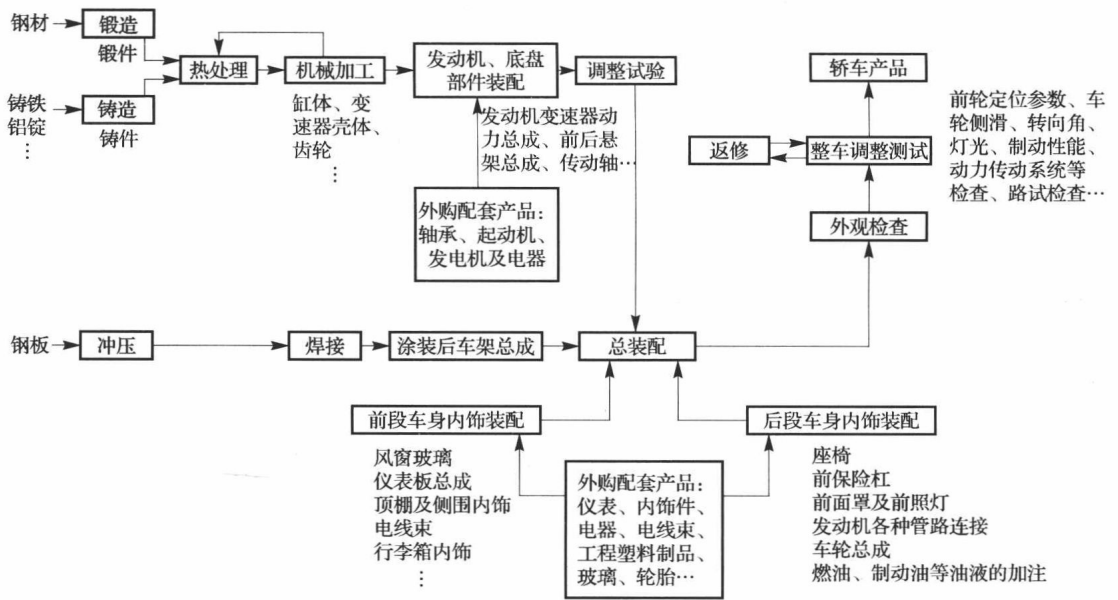


图 1-2 轿车主要生产过程的方框图

(二) 汽车生产的分工

汽车是一种复杂的机电产品，它的生产涉及多个行业，如机械制造行业、玻璃制造行业及橡胶轮胎制品制造行业、电子电器装置制造行业、化工制品制造行业等。一家汽车制造企业（或公司）是不可能承担汽车全部零件及总成的生产的，它通常只完成生产过程中的主要零部件及总成的生产，如发动机、变速器、驱动桥、车架、驾驶室等总成中主要零件的制造和装配，其他零部件，如橡胶轮胎制品、玻璃制品、电子电器装置等，则由专业

化企业（或公司）进行生产。

在汽车制造企业（或公司）内部，一般按产品专业化和工艺专业化原则，设置铸造、锻造、热处理、发动机、变速器或传动器、驱动桥、转向器等子公司或车间。它们可以制造不同车型的多种零件或总成，以保证产品的质量和降低制造成本。总之，汽车产品的生产过程较为复杂，它需要由社会大协作生产共同完成。

二、汽车制造的工艺过程

（一）汽车制造工艺过程的概念

汽车制造工艺过程是指在汽车生产过程中，改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等，使其成为成品或半成品的过程，主要包括毛坯制造、零件机械加工、热处理、总成及整车产品装配等工艺过程。

1. 毛坯制造工艺过程

将原材料通过铸造、锻造或冲压等方法制造成具有一定形状和尺寸的铸件、锻件或冲压件的工艺过程统称为毛坯制造工艺过程。其中，铸造是将熔融金属浇注、压射或吸入铸型型腔中，待其凝固后得到一定形状、尺寸和性能铸件的方法；锻造或冲压是在压力设备及工模具的作用下，使金属坯料产生局部或全部的塑性变形以获得一定形状、尺寸和质量锻件或冲压件的方法。例如，汽车中发动机气缸体、变速器箱体、后桥壳体等零件多采用铸件毛坯；连杆、万向节等零件多采用锻件毛坯；车身组件、车架纵横梁等零部件多采用冲压件毛坯。

2. 零件机械加工工艺过程

在机床设备上利用切削刀具或其他工具，借助机械力将毛坯或工件加工成零件的过程，称为机械加工工艺过程。它是进一步改变毛坯形状和尺寸的过程。根据加工过程中有无切屑，机械加工过程可分为切削加工和无屑加工两类。其中，汽车零件制造中常用的车、钻、铰、铣、拉、镗、磨、超精加工及齿轮轮齿加工中的滚齿、插齿、剃齿、拉齿等属于切削加工；汽车零件制造中采用的热轧齿轮轮齿、冷扎和冷挤齿轮轮齿、拉拔等属于无屑加工。

3. 热处理工艺过程

采用各种热处理方法（如退火、正火、淬火、回火、调质、表面热处理等），改变毛坯或零部件的使用性能和工艺性能，以改善材料性能，提高零部件使用寿命的工艺过程统称为热处理工艺过程。汽车零部件制造中铸、锻件毛坯及曲轴、齿轮等重要零部件都应根据需要进行各种热处理。

4. 总成及整车产品装配工艺过程

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，包括部件或总成的装配（如车架、发动机、变速器等）和汽车整车的装配。

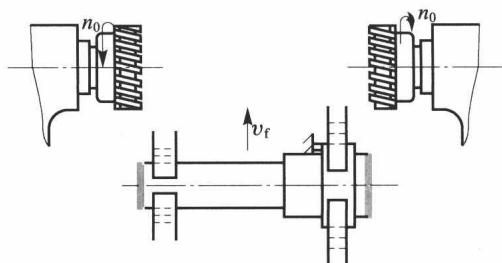
（二）工艺过程的组成

汽车的制造离不开各种工艺过程，其中，机械加工工艺过程及装配工艺过程都是由按一定顺序排列的若干工序组成的。下面以零件的机械加工为例，介绍工艺过程的组成。

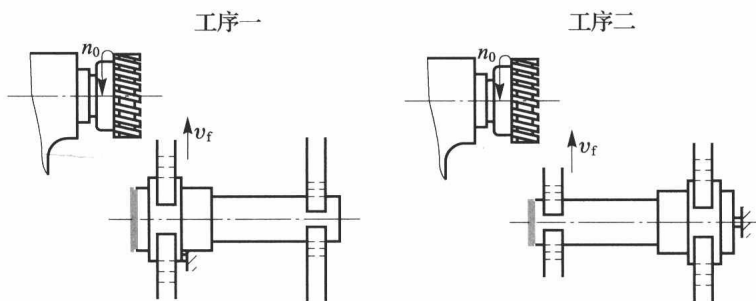
1. 工序的定义及划分依据

工序是组成工艺过程的基本单元，它是指一个（或一组）工人，在一台机床上（或一个工作地点），对一个（或同时几个）工件所连续完成的那一部分工艺过程。其中，工人、工作地点、工件、连续作业是构成工序的四个要素，任何一个要素发生改变即构成新的工序。

通常情况下，划分工序的主要依据是工作地点是否改变和加工是否连续。例如，铣削汽车变速器输入轴的两端面时，可在一台专用铣床上用两把铣刀同时铣削大、小头端面，即在一道工序一次安装中同时完成，如图 1-3（a）所示；也可在两台卧式铣床上分别铣削大、小头端面，即在两道工序中各进行一次安装先后完成，如图 1-3（b）所示。



（a）在一道工序中同时完成两端面的铣削



（b）在两道工序中分别完成两端面的铣削

图 1-3 汽车变速器输入轴两端面的铣削方法

2. 工序的内容

一个完整的工序由安装、工位、工步及走刀等组成：

- 安装：工件每次装夹所完成的那一部分工序内容。例如，图 1-3（a）所示为一道工序中一次安装同时完成两端面的加工；如图 1-3（b）所示的两道工序中各有一次安装。

- 工位：在一次安装后，工件在机床上所占据的每一个位置上。例如，在图 1-4 所示的旋转工作台上四个工位，分别进行装卸、钻孔、扩孔、铰孔等操作。
- 工步：在加工表面、刀具、切削用量等要素都不变的情况下所完成的那一部分工艺过程。例如，在图 1-5 所示的汽车变速器输入轴阶梯外圆车削工序中，共包括 5 个工步。
- 走刀：切削刀具在加工表面切削一次所完成的工步内容。根据被切削材料厚度的不同，一个工步可包括一次或多次走刀。

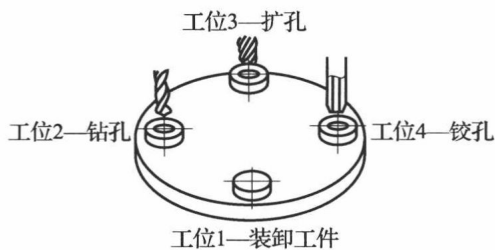


图 1-4 在回转工作台上加工孔

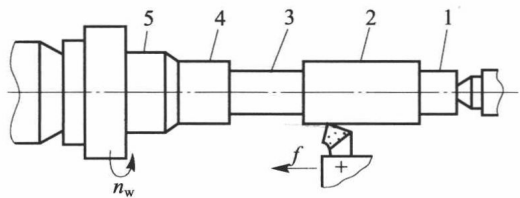


图 1-5 车削变速器输入轴的阶梯外圆

第二节 汽车及其零部件的生产类型及工艺特征

为保持高效生产，提高企业竞争力，现代汽车制造业中均以专业化分工与协作的方式来组织生产。汽车及零部件制造企业需要根据市场需求及产品特征制定生产纲领，并据此确定汽车产品和零部件的生产类型。

一、生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内（通常为一年）应当生产的产品或零部件的数量和进度计划。当计划期为一年时，汽车零部件的生产纲领 N 可按下式计算：

$$N = Qn(1 + a\%)(1 + b\%) \quad (1-1)$$

式中， Q ——产品年计划产量，单位为辆/年；

n ——每辆车中该零件的数量，单位为件/辆；

$a\%$ ， $b\%$ ——备品、废品的百分率。

二、生产类型及其工艺特征

（一）生产类型的概念

生产类型是对企业专业化生产程度的分类。根据生产纲领中产品年产量的不同，汽车产品和零件的生产类型一般可分为单件小批生产、成批生产、大量生产等三种类型。

1. 单件生产

单件生产的特征为产品的种类多而同一种产品的产量很少且不确定，每台设备或加工地点的加工对象不重复或很少重复。例如，汽车制造厂中新款汽车的试制等属于单件小批生产。

2. 成批生产

成批生产的特征为产品的产量较大，产品或零件周期性地成批投入生产。根据产量的大小，成批生产可细分为小批量、中批量、大批量生产。例如，在汽车制造厂中，普通轿车多属于大批量生产，重型车、特种车多属于中批量生产。

3. 大量生产

大量生产的特征为产品的产量很大，一台设备可长期固定地进行某一零件中某一道工序的加工。例如，汽车变速器、驱动桥、轴承等零部件多属于大量生产。

（二）生产类型的划分

生产类型的划分主要取决于生产纲领，但同时要考虑产品本身的大小及结构的复杂程度。表 1-1 所示为汽车制造企业中机械加工车间生产类型的划分。

表 1-1 汽车制造企业中机械加工车间生产类型的划分

生产类型		轿车或 1.5 t 以下商用车的年产量/辆	商用车或特种车年产量/辆	
			2~6 t	8~15 t
单件小批生产		新型汽车的试制，一般为几辆至几十辆不等		
成批生产	小批量	≤2 000	≤1 000	≤500
	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	≥30 000	≥10 000

（三）各生产类型中工艺过程的特点

不同生产类型中，零件加工工艺、工艺装备、毛坯制造方法及对工人的技术要求等都有很大的不同，如表 1-2 所示。在制定零件机械加工工艺时，首先确定生产类型，则工艺过程的总体轮廓就勾画出来了。

表 1-2 各种生产类型中工艺过程的主要特点

工艺特点	单件小批量生产	成批生产	大量生产
产品	产品种类多, 数量少, 改型对生产影响小	产品种类较多, 数量较大, 改型对生产影响较大	产品种类单一, 数量大, 改型对生产影响大
零件互换性	广泛采用钳工修配	大部分零件具有互换性, 同时保留某些钳工修配工作	零件具有广泛的互换性, 高精度配合件可用分组选择法装配
毛坯制造	广泛采用木模手工造型、自由锻造, 毛坯精度低, 加工余量大	部分采用金属模造型、模锻等, 毛坯精度中等	广泛采用金属模机器造型、模锻等, 毛坯精度高, 加工余量小
生产组织	无流水线作业	成批轮流生产	流水线或自动生产线
生产设备	万能机床、自动换刀数控机床	万能机床、数控机床等	专用机床、组合机床或自动机床
工艺装备	标准刀具、万能量具、万能夹具等	标准刀具、万能量具和夹具等, 也用专用刀、量、夹具	专用复合刀具、成形刀具、自动化量具、专用夹具等
对工人要求	要求技术熟练的工人	需要一定熟练程度的工人和编程技术人员	对操作工人的技术要求较低, 对生产线维护人员要求较高
工艺文件	比较简单, 只有工艺过程卡片	工艺过程卡片, 重点工序有工序调整卡片	详细工艺文件, 重点工序有工序调整卡片



注意

同一个企业中可能同时存在几种不同生产类型的生产。例如, 长春第一汽车集团公司是一个大量生产性质的企业, 但其中的工具分厂却是一个成批生产性质的分厂。即便在同一个分厂中, 也可能同时存在着不同生产类型的生产。例如, 长春第一汽车集团公司的发动机工厂是大量生产的分厂, 但其中的杂件车间却是一个成批生产性质的车间。

第三节 本课程的性质、任务及学习目标

一、本课程的性质与任务

本课程是汽车制造与装配技术及相关专业的一门核心专业课, 其主要任务是: 学习本课程, 可使学生掌握现代汽车制造中各种工艺过程的基本理论知识, 了解现代汽车制造技术的发展趋势; 培养学生分析问题和解决问题的能力, 使学生具备继续学习专业技术的能