



21世纪普通高等院校汽车专业系列教材

汽车制造工艺学

QICHE ZHIZAO GONGYIXUE

- 主 编 钟诗清
- 副主编 吴焕芹 张 宏



华南理工大学出版社



21世纪普通高等院校汽车专业系列教材

汽车制造工艺学

QICHE ZHIZAO GONGYIXUE

- 主 编 钟诗清
- 副主编 吴焕芹 张 宏



华南理工大学出版社
· 广州 ·

内 容 简 介

本书共分八章,内容包括汽车制造过程、毛坯制造工艺、冲压工艺、焊接工艺、工艺装备及机床夹具、机械加工工艺、装配工艺、涂装工艺等内容。每章附有学习要点和复习思考题。

本书可作为普通高等院校汽车类专业教材,也可作为相关行业岗位人员培训教材或自学指导书,还可供汽车设计、制造部门的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车制造工艺学/钟诗清主编. —广州:华南理工大学出版社, 2011.2

21世纪普通高等院校汽车专业系列教材

ISBN 978-7-5623-2861-2

I. ①汽… II. ①钟… 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011104号

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学17号楼,邮编510640)

营销部电话:020-87113487 87110964 87111048(传真)

E-mail: scutc13@scut.edu.cn

http://www.scutpress.com.cn

责任编辑:吴翠微

技术编辑:杨小丽

印刷者:湛江日报社印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:21 字数:525千

版次:2011年2月第1版 2011年2月第1次印刷

印数:1~3000册

定 价:35.00元

版权所有 盗版必究

21 世纪普通高等院校汽车专业系列教材

编委会

主任：丘宏扬（华南理工大学广州汽车学院副院长）

吴永桥（武汉理工大学华夏学院院长、董事）

副主任：陈永（湖北汽车工业学院科技学院院长）

王宏甫（北京理工大学珠海学院机械与车辆工程学院院长）

陈秉均（华南理工大学广州汽车学院汽车工程系主任）

杨万福（武汉理工大学华夏学院汽车工程系主任）

邓宝清（吉林大学珠海学院机电工程系主任）

编委：（以姓氏笔画为序）

王宏甫 邓宝清 甘泉 卢山 田晟 任长春

李艳菲 宋长森 宋玉林 余晨光 陈秉均 陈永

杨万福 邵海忠 钟诗清 姚胜华 容一鸣 唐文初

韩同群

总策划：范家巧 乔丽

策划编辑：袁泽 吴翠微

前 言

汽车制造工艺学是一门综合性的工程技术学科。汽车制造涉及多种制造技术，是一门跨专业的课程。传统教学方式，主要讲授机械制造工艺知识，不能满足现代汽车技术发展的需要。由于计算机应用技术的普及，知识的集成和信息量的增大，使得全面讲授汽车制造技术成为可能。本教材结合教学改革和生产实际，全面地介绍了汽车制造过程的工艺知识，内容精简，重点突出，力求使其具有较好的创新性和实用性。

本书取材和编写的特点如下：

(1) 紧密结合汽车现代制造技术，以汽车制造的基本理论为基础，注重基本概念、基本原理的阐述，同时适当地反映一些实际工程应用的实例。

(2) 以汽车的毛坯制造工艺、冲压工艺、焊接工艺、机械加工工艺、装配工艺和涂装工艺等为题材，重点介绍其工艺特点、工艺方法、工艺参数、工艺规范及其工艺装备等基本知识，内容丰富，信息量大，同时亦便于组织教学。

(3) 注重基础，重视实践，适合于普通高等院校应用型人才培养，也可供汽车行业工程技术人员参考使用。

本书由武汉理工大学华夏学院钟诗清教授任主编，吴焕芹、张宏任副主编，参加编写的有钟诗清（第一章、第六章），蒋芬（第二章），吴焕芹（第三章），张宏（第四章），童亮（第五章），梅栋（第七章），孟丽君（第八章）。江厚祥先生对书稿特别是对图稿进行了仔细的审校并给出了很好的建议，在此表示衷心的感谢。

由于我国汽车工业发展迅速，汽车制造技术更是日新月异，加之时间较紧，编者水平有限，缺点、错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2010年10月

目 录

第一章 汽车制造过程概述	(1)
第一节 汽车生产过程及其特点	(1)
一、汽车生产过程	(1)
二、汽车生产过程的特点	(1)
第二节 汽车制造工艺过程及其组成	(1)
一、汽车制造工艺过程	(1)
二、机械加工工艺过程的组成	(2)
第三节 生产类型及其工艺特点	(4)
一、生产纲领	(4)
二、生产类型	(4)
三、不同生产类型的工艺特征	(6)
第二章 毛坯制造工艺	(8)
第一节 铸造	(8)
一、砂型铸造	(8)
二、金属型铸造	(16)
三、熔模铸造	(17)
四、压力铸造	(18)
五、离心铸造	(26)
六、各种铸造方法的比较	(26)
第二节 锻造	(28)
一、概述	(28)
二、坯料的加热	(28)
三、自由锻造	(29)
四、模锻	(29)
五、锻造设备简介	(32)
第三节 粉末冶金	(37)
一、概述	(37)
二、粉末的制取	(38)
三、零件的成形	(38)
第四节 塑料成形工艺	(40)
一、概述	(40)
二、注射成形原理和工艺过程	(40)
三、压缩和压注成形工艺	(41)

第五节 毛坯的选择	(42)
一、各种毛坯的特点	(42)
二、毛坯选择原则	(43)
第三章 冲压工艺	(45)
第一节 概述	(45)
一、冲压加工的特点	(45)
二、冲压工序的种类	(45)
第二节 冲裁	(48)
一、影响冲裁质量的因素	(48)
二、合理间隙的确定	(50)
三、冲裁力的计算及减少冲裁力的方法	(51)
四、材料的经济利用	(54)
五、冲裁的工艺设计	(55)
六、冲裁模的典型结构	(59)
第三节 弯曲	(59)
一、弯曲件的工艺性	(59)
二、弯曲件的回弹	(61)
三、弯曲件毛坯尺寸的计算	(62)
四、弯曲力的计算	(62)
五、弯曲凸、凹模之间的间隙	(64)
六、弯曲模的结构	(65)
七、提高弯曲件精度的工艺措施	(65)
第四节 拉延	(67)
一、拉延过程	(67)
二、拉延工艺参数的确定	(68)
三、矩形件的拉延	(85)
四、形状不规则零件的拉延	(89)
五、拉延中的辅助工序	(94)
第五节 其他成形工艺	(97)
一、局部成形	(97)
二、翻边	(99)
三、胀形	(105)
四、缩口	(106)
五、校形	(107)
第四章 焊接工艺	(111)
第一节 焊接工艺基础	(111)
一、电弧焊	(111)

二、气焊	(118)
三、电阻焊	(120)
四、其他常用焊接方法	(122)
第二节 电阻焊及其应用	(129)
一、点焊	(129)
二、凸焊	(133)
三、缝焊	(134)
四、对焊	(135)
第三节 焊接工艺设计	(137)
一、金属材料的焊接性	(137)
二、焊条的选用	(137)
三、焊缝符号	(139)
四、焊接工艺参数的选择	(143)
五、焊接质量及其检验方法	(147)
第四节 汽车焊接工艺	(153)
一、汽车焊接工艺概况	(153)
二、汽车焊接生产方式	(154)
三、轿车车身装焊线	(160)
四、轿车车身装焊调整线	(162)
第五章 工艺装备及机床夹具	(167)
第一节 概述	(167)
一、获得加工精度的方法	(167)
二、工件的装夹方法	(168)
三、基准与定位	(169)
第二节 机床夹具的组成及其分类	(173)
一、夹具的组成	(173)
二、夹具的分类	(174)
第三节 工件的定位及其定位元件	(175)
一、定位元件及其所限制的自由度	(175)
二、定位误差的分析与计算	(182)
第四节 工件的夹紧及其夹紧装置	(188)
一、夹紧装置的组成和夹紧的基本要求	(188)
二、夹紧力的确定	(189)
三、常用的典型夹紧机构	(191)
第五节 机床夹具典型结构	(202)
一、钻床夹具	(203)
二、铣床夹具	(206)
第六节 机床夹具设计的基本要求和步骤	(209)



一、机床夹具设计的要求·····	(209)
二、机床夹具的设计步骤·····	(209)
三、机床夹具的制造精度·····	(210)
第六章 机械加工工艺·····	(212)
第一节 机械加工工艺流程·····	(212)
一、机械加工工艺流程的作用·····	(212)
二、制订工艺流程的原始资料与步骤·····	(212)
第二节 零件的工艺分析·····	(213)
一、零件图样及技术要求分析·····	(214)
二、零件加工工艺分析·····	(214)
三、零件的结构工艺性分析·····	(214)
第三节 工艺路线的拟订·····	(215)
一、表面加工方法的选择·····	(215)
二、定位基准的选择·····	(219)
三、加工阶段的划分·····	(221)
四、加工顺序的安排·····	(222)
五、工序的集中与分散·····	(223)
第四节 加工余量和工序尺寸的确定·····	(224)
一、工序余量和总余量·····	(224)
二、影响工序余量的因素·····	(225)
三、工序尺寸及其公差的确 定·····	(226)
第五节 工艺尺寸链·····	(227)
一、尺寸链的基本概念·····	(227)
二、尺寸链的基本计算公式·····	(229)
三、尺寸链计算的三种情况·····	(230)
第六节 工艺文件的编制·····	(231)
一、机械加工工艺过程卡·····	(231)
二、机械加工工序卡·····	(233)
第七节 机械加工质量·····	(234)
一、概述·····	(234)
二、加工精度·····	(236)
三、表面质量·····	(249)
第七章 装配工艺·····	(255)
第一节 概述·····	(255)
一、产品的组成及零件、部件的连接方式·····	(255)
二、装配精度·····	(256)
三、装配工艺过程及装配作业的组织形式·····	(256)
第二节 装配尺寸链·····	(257)

一、装配尺寸链的基本概念	(257)
二、装配尺寸链的解法	(259)
第三节 保证装配精度的装配方法	(263)
一、完全互换装配法	(263)
二、不完全互换装配法	(265)
三、选择装配法	(268)
四、调整装配法	(270)
五、修配装配法	(272)
第四节 汽车总装	(273)
一、概述	(273)
二、生产类型和组织形式	(274)
三、汽车结构的装配工艺性要求	(275)
四、装配工艺规程的制订	(276)
五、汽车总装配工艺过程	(279)
第八章 涂装工艺	(282)
第一节 概述	(282)
一、涂装的作用	(282)
二、涂装的要求	(282)
第二节 涂料	(283)
一、涂料的组成	(283)
二、涂料的分类、命名及编号	(287)
第三节 涂料的调配及使用	(291)
一、涂料颜色的调配	(291)
二、调色的注意事项	(298)
三、合理选用涂料的一般原则	(298)
四、计算机配色	(298)
第四节 涂装前金属的表面处理	(299)
一、概述	(299)
二、脱脂方法	(300)
三、除锈方法	(303)
四、金属表面的磷化处理	(305)
第五节 汽车的涂装工艺	(308)
一、静电喷漆	(308)
二、电泳涂装	(310)
三、粉末喷涂	(312)
第六节 干燥工艺	(314)
一、干燥方法	(314)
二、各类涂料所适用的干燥方法	(314)



第七节 汽车涂装工艺简介.....	(315)
一、汽车用涂料.....	(315)
二、车身用底漆.....	(315)
三、车身用中间层涂料.....	(316)
四、车身用面漆.....	(317)
五、车身涂装的典型工艺.....	(318)

第一章 汽车制造过程概述

【学习目标与要求】

- 了解汽车的生产过程和工艺过程
- 掌握工序划分的基本原则和方法
- 了解并掌握汽车生产类型的划分原则及各种生产类型的工艺特征

第一节 汽车生产过程及其特点

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。汽车的生产过程包括毛坯的制造、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过程,一般称为辅助生产过程。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。

二、汽车生产过程的特点

汽车是一种复杂的机电产品。汽车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塑料制品行业、电子电器行业、化学化工行业等。一个企业、一家公司是不可能承担全部汽车零部件的生产的。一般汽车企业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、车架、车身等的主要零件制造和总成的装配,其余的一些零部件或附件则由社会的一些专业厂家协作生产。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相关行业的发展。

第二节 汽车制造工艺过程及其组成

一、汽车制造工艺过程

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或其他工具, 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对象的形状和尺寸的过程。根据机械加工中有无切屑, 又可以分为切削加工和无屑加工两类。切削加工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。

二、机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一系列工序组成的。工序又包括安装、工位、工步以及走刀等工艺内容。

1. 工序

一个或一组工人, 在一个工作地点(或机床设备)上, 对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程, 称为工序。工序划分的最主要依据是, 工作地点是否改变, 对一个工件不同表面的加工是否连接(顺序或平行)完成。例如, 图 1-1 所示为铣削汽车变速器第一轴毛坯大、小头两端端面简图。图 1-1a 所示是在专用铣削轴端面机床上使用两把端面铣刀同时铣削大、小头两端面的过程, 是在一道工序中平行完成两端面加工。图 1-1b 所示为采用普通卧式铣床, 依次在两台铣床上分别铣削大、小头端面, 是在两道工序中完成铣削大、小头端面的。图 1-1c 所示为在一台普通卧式铣床上, 首先铣削大头端面, 然后将工件调头装夹在同一机床上, 再铣削小头端面, 由于是在同一台铣床上连续(顺序)完成铣削大、小头两端面, 因此, 属于同一道工序。

2. 安装

工件在一道工序中通过一次装夹后所完成的那一部分工艺过程称为安装。一道工序中可以有一次或几次安装。如图 1-1 所示, 图 1-1a 和图 1-1b 均为一道工序中只有一次安装; 图 1-1c 为一道工序中有两次安装。与图 1-1a 加工方案比较, 图 1-1c 加工方案的缺点是: 生产率低, 而且在两次装夹中分别铣削大、小头两端面, 其平行度误差较大。因此, 对于有位置公差要求的表面, 应在一次安装中加工出来。

3. 工位

为了完成一定的工序内容, 工件(或装配单元)装夹后与夹具或设备的可移动部分一

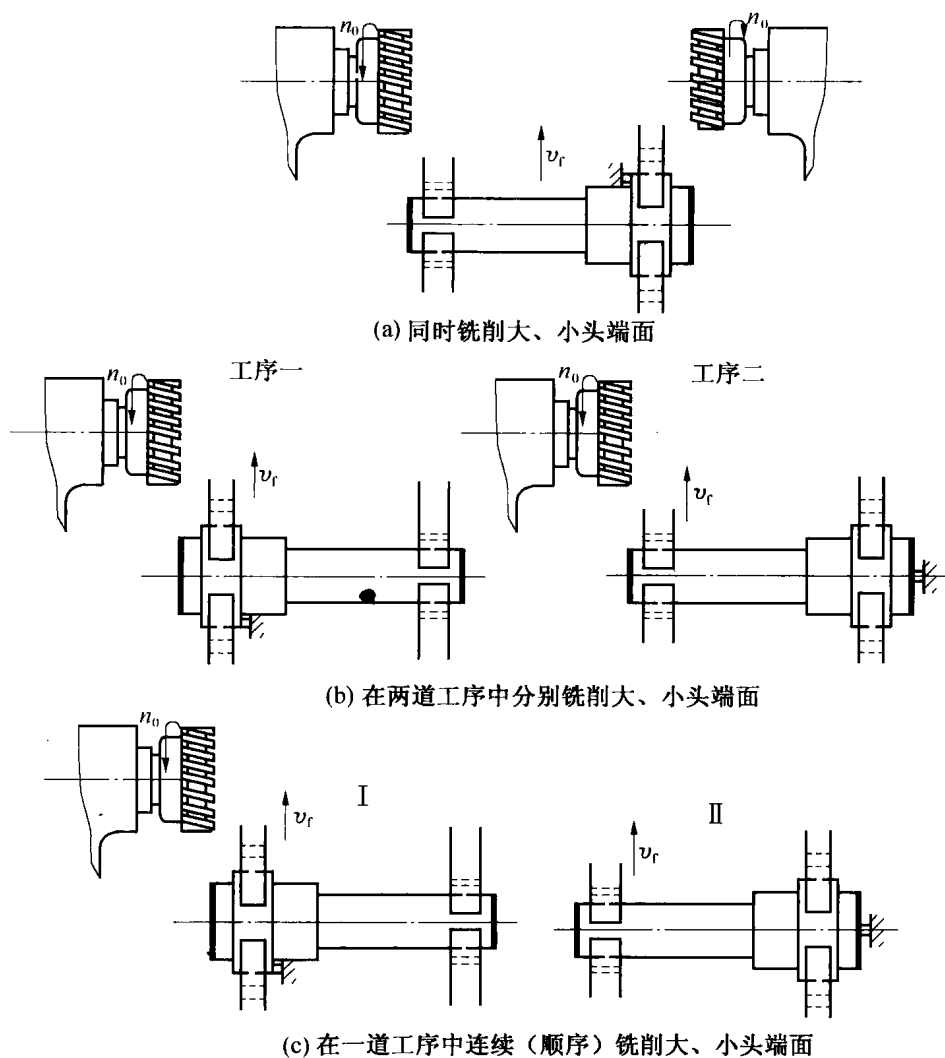


图 1-1 铣削变速器第一轴两端面简图

起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置均称为工位。

利用转位夹具、移位夹具、回转工作台、多轴自动机等进行加工时，工件要连接在几个工作位置上进行切削才能完成一个工序的工作，这时一个工序就包含几个工位。图 1-2 所示为采用多工位机床进行孔加工，工件在一次装夹后依次进行钻、扩、铰加工，总共有六个工位，第一个工位是装卸工件工位。

4. 工步

在一次安装或工位中，加工表面（或装配时的连接表面）和加工（或装配）工具、切削用量中的转速与进给量保持不变时所连续完成的那一部分工序称为工步。有时，为了提高生产率，用几把刀具同时加工几个表面，这种工步称为复合工步；在工艺规程中，只写为一个工步。例如按图 1-3 的方法进行多刀加工，就只包含一个工步。

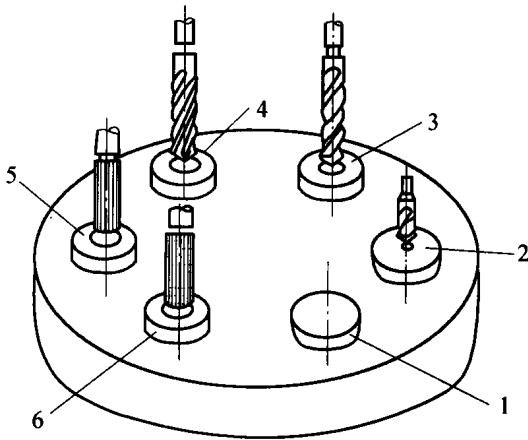


图 1-2 多工位加工

1—装卸工件工位；2—预钻孔工位；3—钻孔工位；
4—扩孔工位；5—粗铰工位；6—精铰工位

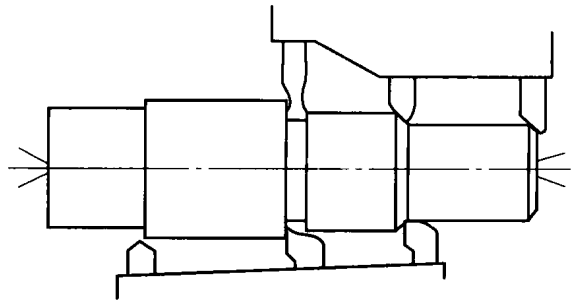


图 1-3 复合工步

第三节 生产类型及其工艺特点

一、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 T_0 ，可按下式计算：

$$T_0 = TZ(1 + a\%)(1 + b\%)$$

式中， T 为企业产品的生产纲领，台（或辆）/年（或月）； Z 是每台（或每辆）产品中该零件的件数，件/台（或辆）； $a\%$ 是备件率； $b\%$ 是废品率。

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。生产节拍 P （单位为 min/件）可按下式计算：

$$P = \frac{60F_n\eta}{T_0}$$

式中， F_n 是生产线上年有效工作时间，h/年； η 是工时利用率，%； T_0 是零件年生产纲领，件/年。

二、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（或车间、工段、班组、工作地）生产专业化程度的分类。根据企业的生产性质（如产品的特征、外形尺寸、质量大小等）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相似工序。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专用机床设备、专用工艺设备，并按工艺规程顺序组织生产。

汽车生产企业采用的生产类型与产品的特征及年产量之间的关系，见表 1-1；企业的生产设备或工作场地担负的工序数目和生产节拍与生产类型的关系，见表 1-2。

表 1-1 生产类型与产品特征及产量之间的关系 单位：辆/年

汽车种类 生产类型		小轿车及 1.5t 以下轻型载货汽车	载货汽车	
			2~6t	8~15t
单件生产		10 以下	10 以下	10 以下
成批生产	小批	2000 以下	1000 以下	500 以下
	中批	2000~10000	1000~10000	500~5000
	大批	10000~50000	10000~30000	5000~10000
大量生产		50000 以上	30000 以上	10000 以上

表 1-2 生产类型与工序数目和生产节拍的关系

生产类型	确定方法	设备或工作场地担负的工序数目	生产节拍/(min·件 ⁻¹)
大量生产		1~2	5 以下
大批生产		2~10	5~15
中批生产		10~20	15~60
小批生产		20~40	60 以上

三、不同生产类型的工艺特征

生产类型的不同,生产组织、管理,生产车间的布置,毛坯的制作,设备、工装夹具、加工方法的选择,以及对工人技术等级等方面的要求均不同。制定工艺规程时,必须考虑与生产类型相适应,这样才能取得最大的经济效益。不同的汽车生产类型的工艺特征,见表1-3。

表 1-3 不同汽车生产类型的工艺特征

特征	项目	单件、小批生产	成批生产	大批、大量生产
产品特征	产量	小	较大	多、大
	产品品种	多	较多	少或单一产品
	生产重复性	经常变化,基本不重复	周期性变换、重复生产	基本固定不变、重复生产
	零件互换性	没有互换性,经常采用试切和修配或调整法装配	大部分有互换性,同时采用调整或修配法装配	大部分有互换性,某些精度高的配对件采用选择法装配
	毛坯制造及加工余量	铸件用木模手工制造,锻件用自由锻,毛坯精度低,加工余量大	部分铸件用金属模,部分铸件用模锻,毛坯精度一般,加工余量较小	金属模机器造型,锻件采用模锻及其他高生产率毛坯制造法,毛坯精度高,加工余量小
工艺装备特征	机床设备	通用机床、数控机床、加工中心	数控机床、加工中心、柔性制造单元,部分也采用通用机床、专用机床	流水生产线、自动化生产线、柔性制造生产线或数控机床
	夹具	采用通用夹具,有条件时采用组合夹具	广泛采用专用夹具	采用高生产率专用夹具
	刀具和量具	采用标准刀具和通用刀具	采用标准刀具、量具,部分采用专用刀具及量具	基本采用专用刀具、专用量具
工艺特征	加工方法	试切法、划线找正加工法	调整法为主,偶尔也采用试切法	调整法自动加工
	工艺规程	工艺文件简单	工艺规程较详细,对一些主要或关键零件有非常详细的工艺规程	有详细的工艺规程
技术经济性比较	设备投资	小	较多	多
	生产效率	低	较高	高
	生产成本	高	较低	低
	对工人技术要求	全面	较全面	专门、专一