

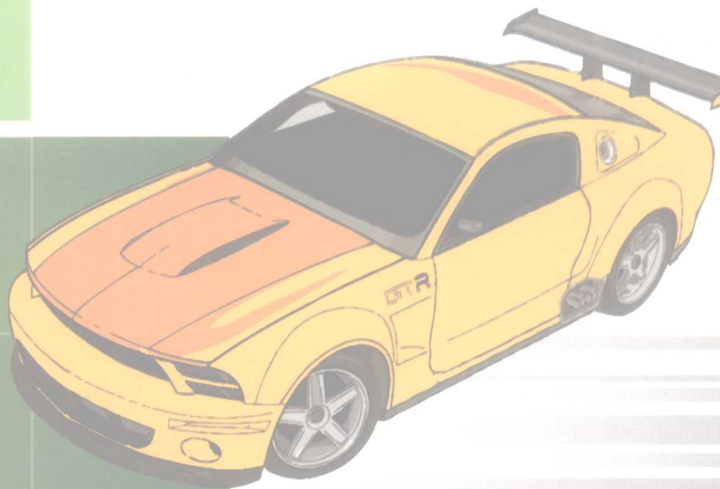


21st CENTURY  
实用规划教材

21世纪全国高等院校

大机械系列 实用规划教材

汽车系列



# 汽车制造工艺

主 编 赵桂范 杨 娜



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

U466  
C7

21 世纪全国高等院校大机械系列实用规划教材·汽车系列

# 汽车制造工艺

主 编 赵桂范 杨 娜



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本书是根据车辆(汽车)工程专业的培养目标而编写的高等学校教材,全书共分12章,内容包括绪论、铸造、锻造工艺、冲压工艺、焊接工艺、塑料加工工艺、机械加工、热处理、电镀工艺、涂漆、装配工艺和汽车先进制造工艺展望。本书以汽车生产制造过程为主线,对各工艺的介绍较为系统完整,具有独特风格,并介绍了当前汽车制造企业中应用的新技术和新工艺。每章后列有习题。

本书除可作为车辆(汽车)工程专业教材外,也可作为运载工具运用工程、热能与动力(内燃机)工程、农业机械化工程、机械设计制造及其自动化等专业的教材和教学参考书,也可供相关专业的学生和从事汽车运用与维修、汽车生产管理方面的工程技术人员作参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车制造工艺/赵桂范,杨娜主编.—北京:北京大学出版社,2008.6

(21世纪全国高等院校大机械系列实用规划教材·汽车系列)

ISBN 978-7-301-12368-3

I. 汽… II. ①赵…②杨… III. 汽车—车辆制造—工艺—高等学校—教材 IV. U466

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第083147号

书 名: 汽车制造工艺

著作责任者: 赵桂范 杨 娜 主编

责任编辑: 童君鑫

标准书号: ISBN 978-7-301-12368-3/TH·0029

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: [pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)

印 刷 者: 三河市新世纪印务有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 18.5印张 423千字

2008年6月第1版 2008年6月第1次印刷

定 价: 30.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 前 言

汽车制造工艺学是以汽车制造中的工艺问题为研究对象的一门应用性技术学科，也是一门包含多种工艺的综合性学科。本书全面、系统地阐述了汽车制造工艺的基本理论、内容涉及汽车制造的各种工艺过程，包括铸造、锻造、冲压、焊接、塑料加工、机械加工、热处理、电镀、涂漆及装配工艺等。为了适应新时代与新形势，以及现代汽车工业发展的需要，在保持传统基本内容的基础上，本书增加了第12章——汽车先进制造工艺展望。使学生通过阅读、学习本书，在掌握汽车制造工艺基本内容的同时，能对当前的先进制造工艺有大致地了解。本书在讲述各种加工工艺的同时，力求突出“汽车制造”的特点，即详细介绍了各种工艺在汽车制造中的应用。

本书除可作为车辆(汽车)工程专业教材外，也可作为运载工具运用工程、热能与动力(内燃机)工程、农业机械化工、机械设计制造及其自动化等专业的教材和教学参考书，也可供相关专业的学生和从事汽车运用与维修、汽车生产管理方面的工程技术人员作参考书。

本书建议授课学时为40学时。但考虑各个学校的课程设置不完全相同，所以采用本教材进行教学时，可以根据具体教学的需要灵活处理。

各章的参考授课学时数见下表：

章 次	建议学时	章 次	建议学时
第1章 绪论	1	第7章 机械加工	6
第2章 铸造	6	第8章 热处理	3
第3章 锻造工艺	3	第9章 电镀工艺	3
第4章 冲压工艺	4	第10章 涂漆	3
第5章 焊接工艺	2	第11章 装配工艺	2
第6章 塑料加工工艺	4	第12章 汽车先进制造工艺展望	3

本书由哈尔滨工业大学赵桂范和杨娜主编。在编写过程中，得到了哈尔滨工业大学汽车工程学院各位领导、同事及硕士研究生朱明、张亮等同学的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者  
2008年2月

# 目 录

第 1 章 绪论.....	1	2.6.3 金属型盆砂铸造曲轴、凸 轴工艺及工艺设备.....	41
1.1 制造工艺概要.....	1	2.6.4 曲轴的先进制造工艺.....	43
1.2 生产方式与设备.....	2	习题.....	47
1.3 生产工艺与设备.....	3	第 3 章 锻造工艺.....	48
习题.....	5	3.1 概述.....	48
第 2 章 铸造.....	6	3.2 锻造工艺与设备.....	49
2.1 概述.....	6	3.2.1 切断.....	49
2.1.1 铸造工艺概要.....	6	3.2.2 热锻.....	50
2.1.2 铸件.....	7	3.2.3 冷锻.....	53
2.1.3 铸造方式.....	8	3.2.4 温锻.....	55
2.1.4 铸造车间平面布置.....	8	3.2.5 特种锻造.....	56
2.2 铸造材料.....	9	3.3 锻模.....	57
2.2.1 铸造原料.....	9	3.3.1 锻模设计.....	57
2.2.2 型砂.....	11	3.3.2 锻模材料.....	58
2.2.3 芯砂.....	11	3.3.3 模具制造.....	59
2.3 铸造工艺与设备.....	11	3.4 锻件质量控制.....	59
2.3.1 造型与制芯.....	11	3.4.1 锻件几何形状与尺寸的检验... ..	60
2.3.2 熔化.....	14	3.4.2 锻件表面质量的检验.....	61
2.3.3 铸造类型.....	14	3.5 应用实例.....	62
2.3.4 热处理.....	16	3.5.1 连杆的结构特点及结构 工艺性分析.....	62
2.3.5 落砂清理.....	16	3.5.2 连杆的材料和毛坯.....	63
2.4 模型.....	17	3.5.3 连杆主要表面的加工方法.....	63
2.4.1 模型设计.....	17	3.5.4 整体精锻连杆盖、连杆体的 撑断新工艺.....	64
2.4.2 模型制造.....	18	3.5.5 大批量生产时连杆机械加工 的工艺过程.....	64
2.5 铸件质量.....	18	习题.....	65
2.5.1 铸造条件与质量.....	18	第 4 章 冲压工艺.....	66
2.5.2 检查方法.....	20	4.1 概述.....	66
2.6 曲轴、凸轮轴的铸造工艺.....	21	4.1.1 冲压工艺概要.....	66
2.6.1 球墨铸铁曲轴和合金铸铁 凸轮轴的湿砂型铸造.....	21		
2.6.2 壳型铸造曲轴、凸轮轴工艺 及装备的湿砂型铸造.....	38		

4.1.2 冲压件 .....	67	5.2.3 气焊及其他 .....	104
4.1.3 冲压生产线的控制 .....	67	5.2.4 自动化方向 .....	104
4.2 冲压材料 .....	68	5.3 焊接夹具 .....	105
4.2.1 冲压材料的特性要求 .....	68	5.3.1 夹具设计 .....	105
4.2.2 材料选定 .....	68	5.3.2 夹具制造 .....	106
4.2.3 冷轧钢板 .....	69	5.4 焊接设备与平面布置 .....	106
4.2.4 热轧钢板 .....	69	5.4.1 自动焊接生产线 .....	106
4.2.5 表面处理钢板 .....	71	5.4.2 车身装焊 .....	107
4.2.6 其他材料 .....	72	5.4.3 压力机焊接生产线 .....	113
4.3 冲模 .....	72	5.5 焊接质量 .....	114
4.3.1 冲模设计 .....	72	5.5.1 质量检验 .....	114
4.3.2 模具制造 .....	74	5.5.2 尺寸与表面精度 .....	116
4.4 冲压工艺 .....	75	习题 .....	116
4.4.1 冲压车间平面布置 .....	75	<b>第 6 章 塑料加工工艺</b> .....	117
4.4.2 车身零件的冲压工艺 .....	75	6.1 概述 .....	118
4.4.3 车架、底盘母件的冲压工艺 .....	76	6.1.1 塑料的特性 .....	119
4.4.4 冲压设备 .....	77	6.1.2 塑料加工方法概要 .....	119
4.4.5 冲压自动化 .....	81	6.1.3 塑料分类与制作 .....	121
4.4.6 附属设备 .....	83	6.2 塑料加工工艺与设备 .....	121
4.5 冲压件质量控制 .....	84	6.2.1 塑料成型法 .....	121
4.5.1 精度检验 .....	84	6.2.2 加工生产线 .....	124
4.5.2 外观检验 .....	84	6.2.3 加工设备 .....	126
4.6 汽车车身覆盖件冲压工艺 .....	85	6.3 零件精度 .....	128
4.6.1 汽车车身覆盖件冲压 成型特点 .....	85	6.3.1 起因于成型的变形 .....	128
4.6.2 覆盖件冲压基本工序及冲压 工艺方案的确定 .....	87	6.3.2 起因于时效的变形 .....	128
4.6.3 车身覆盖件拉深件设计 .....	88	6.4 塑料成型用模型 .....	129
4.6.4 覆盖件的冲压工序 .....	97	6.4.1 模型设计 .....	129
习题 .....	97	6.4.2 模型制造 .....	131
<b>第 5 章 焊接工艺</b> .....	98	6.5 在汽车中的应用及汽车用塑料的 发展趋势 .....	131
5.1 概述 .....	98	6.5.1 保险杠 .....	131
5.1.1 焊接方法分类 .....	98	6.5.2 汽车用塑料的发展趋势 .....	145
5.1.2 焊接工艺概要 .....	99	习题 .....	145
5.1.3 焊接零件设计 .....	101	<b>第 7 章 机械加工</b> .....	146
5.2 焊接方法 .....	101	7.1 概述 .....	146
5.2.1 二氧化碳气体保护焊 .....	101	7.1.1 大量生产加工法概要 .....	146
5.2.2 电阻焊 .....	102	7.1.2 切削工具与切削液 .....	147

7.1.3 被加工材料 .....	149	8.6 热处理设备 .....	194
7.1.4 质量保证 .....	149	8.6.1 毛坯件热处理设备 .....	194
7.2 机械加工设备 .....	151	8.6.2 机械加工件的热处理设备 .....	195
7.2.1 加工生产线设计 .....	151	8.7 热处理质量检验 .....	196
7.2.2 专用机床 .....	151	习题 .....	197
7.2.3 自动机(线) .....	152	<b>第9章 电镀工艺</b> .....	198
7.2.4 自动化装置 .....	153	9.1 概述 .....	198
7.2.5 检验设备 .....	155	9.1.1 电镀零件与质量要求 .....	198
7.2.6 辅助设备 .....	156	9.1.2 电镀工艺概要 .....	199
7.3 汽车零件加工举例 .....	157	9.2 电镀的种类 .....	200
7.3.1 汽缸体 .....	157	9.2.1 装饰镀铬 .....	202
7.3.2 曲轴 .....	157	9.2.2 防锈电镀 .....	203
7.3.3 连杆 .....	176	9.2.3 铝的氧化处理 .....	203
7.3.4 变速器壳 .....	177	9.2.4 塑料电镀 .....	203
7.3.5 齿轮 .....	177	9.3 电镀工艺与设备 .....	204
7.3.6 后桥壳 .....	178	9.3.1 电镀车间平面布置 .....	204
习题 .....	179	9.3.2 磨抛 .....	204
<b>第8章 热处理</b> .....	180	9.3.3 前处理 .....	205
8.1 概述 .....	180	9.3.4 电镀 .....	213
8.1.1 热处理概要 .....	181	9.3.5 后处理 .....	215
8.1.2 汽车制造与热处理 .....	181	9.3.6 废液处理 .....	215
8.2 毛坯件的热处理 .....	182	9.3.7 电镀管理 .....	215
8.2.1 正火 .....	182	9.4 电镀质量检验 .....	216
8.2.2 淬火 .....	183	9.4.1 外观检验 .....	216
8.2.3 回火 .....	185	9.4.2 耐蚀性试验 .....	217
8.2.4 退火 .....	186	9.4.3 硬度试验 .....	217
8.3 渗碳淬火 .....	188	习题 .....	217
8.3.1 渗碳气氛与渗碳机理 .....	189	<b>第10章 涂漆</b> .....	218
8.3.2 渗碳热处理条件 .....	190	10.1 概述 .....	218
8.4 高频淬火 .....	191	10.1.1 涂漆质量与要求 .....	219
8.4.1 高频淬火原理 .....	191	10.1.2 涂漆工艺概要 .....	219
8.4.2 高频淬火的组织 .....	191	10.1.3 涂料 .....	219
8.5 热处理新技术简介 .....	192	10.2 涂漆工艺与设备 .....	226
8.5.1 可控气氛热处理与 真空热处理 .....	192	10.2.1 涂漆工艺设计 .....	226
8.5.2 强韧化热处理 .....	192	10.2.2 涂漆车间平面布置 .....	229
8.5.3 表面镀覆超硬层工艺 .....	193	10.2.3 前处理装置 .....	230
8.5.4 激光热处理 .....	193	10.2.4 喷漆室 .....	230

10.2.5 烘干炉 .....	232	<b>第 12 章 汽车先进制造工艺展望</b> .....	253
10.2.6 研磨工序 .....	234	12.1 精益生产 .....	253
10.2.7 涂料供应 .....	234	12.1.1 精益生产基本概念 .....	253
10.2.8 涂漆车身储存线 .....	234	12.1.2 精益生产的内涵 .....	253
10.2.9 辅助设备 .....	235	12.1.3 精益生产模式 .....	255
10.3 涂漆方法 .....	237	12.1.4 精益生产的主要内容 .....	256
10.4 涂漆质量保证 .....	239	12.2 敏捷制造 .....	258
10.4.1 外貌不佳 .....	239	12.2.1 敏捷制造的提出 .....	258
10.4.2 质量管理 .....	241	12.2.2 敏捷制造的内涵 .....	259
10.5 汽车车身涂装的典型工艺 .....	242	12.2.3 敏捷制造的一般实施 方法 .....	260
习题 .....	243	12.2.4 敏捷制造对制造业的影响 .....	261
<b>第 11 章 装配工艺</b> .....	244	12.3 并行工程 .....	262
11.1 装配生产方式 .....	244	12.4 快速成型技术 .....	266
11.2 装配工艺与设备 .....	245	12.4.1 快速成型概述 .....	266
11.2.1 装配工序与车间平面 布置 .....	245	12.4.2 快速成型工艺方法 .....	267
11.2.2 装配工作法 .....	245	12.4.3 快速成型技术的特点及 应用领域 .....	269
11.2.3 内饰装配线 .....	247	12.4.4 快速成型技术的发展 趋势 .....	270
11.2.4 车辆检查、调整线 .....	248	12.5 虚拟制造技术 .....	271
11.2.5 车辆修整、出厂线 .....	249	12.5.1 虚拟制造概述 .....	271
11.2.6 部件搬运机械 .....	249	12.5.2 虚拟制造的研究内容 .....	273
11.3 车身安装工艺 .....	249	12.5.3 虚拟制造的技术体系 .....	275
11.3.1 车身安装的特征 .....	249	12.5.4 虚拟制造系统的体系 结构 .....	277
11.3.2 车身安装的生产方式 .....	250	12.5.5 虚拟制造环境与平台 .....	278
11.3.3 车身安装的生产规模 .....	250	习题 .....	279
11.4 车身安装质量保证 .....	251	<b>参考文献</b> .....	280
11.4.1 质量保证体制 .....	252		
11.4.2 车身安装质量保证要点 .....	252		
习题 .....	252		



# 第1章 绪 论

**教学提示：**汽车工业是一个综合性企业，学习汽车制造工艺首先要了解汽车的基本生产过程，汽车生产方式由生产规模与工艺特性两方面决定，通过考虑各种因素可以确定自制与外协的分工生产方案与设备布置方案。

**教学要求：**了解汽车制造工艺，了解三种汽车生产方式以及与之相适应的生产设备，了解自制与外协的分工生产方案与设备布置方案。

## 1.1 制造工艺概要

汽车工业是在许多相关联的工业和有关技术的基础上发展起来的综合性企业。汽车上使用着许多部门的产品，而且从毛坯加工到整车装配，需要采用各类加工技术。

汽车零件包括大至地板，小至螺钉等数千个不同的部件。实际的汽车生产过程是由若干不同的专业生产厂(车间)合作完成的。为了经济地、高效率地制造汽车，这些专业生产厂(车间)按产品的协作原则组织生产、分工合作。一般来说，发动机、变速器、车轴、车身等主要总成由本企业自己制造，而轮胎、玻璃、电器、车身内饰件与其他小型零部件等，多靠协作，由外面专业厂生产。图 1.1 所示的是汽车的生产过程框图。

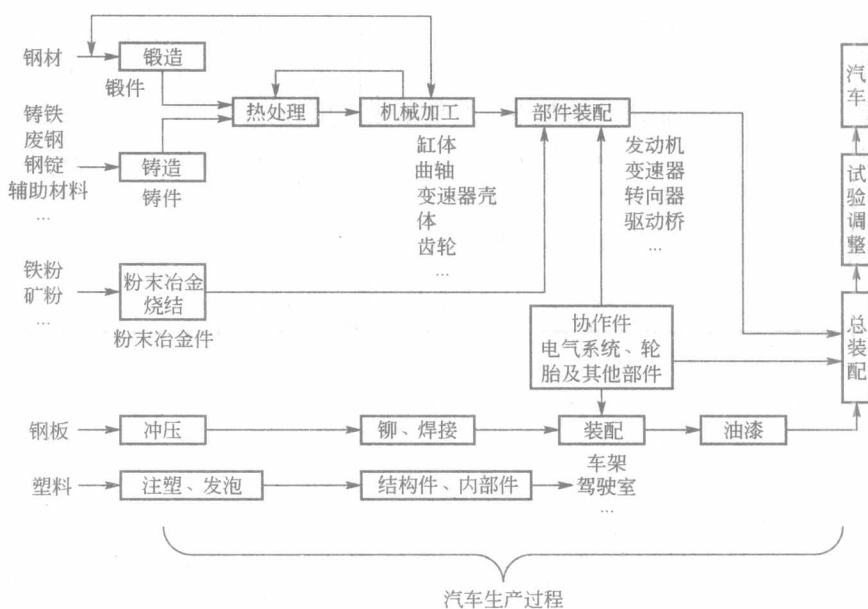


图 1.1 汽车生产过程框图

汽车的基本生产过程包括下料、铸造、锻造、机械加工、热处理、冲压、冷挤压、粉末冶金、焊接、涂漆、电镀与装配等多种。而外协件的制造工艺，通常又包括许多极其特殊的制造技术。汽车制造工艺的编制常以装配工艺为核心，为了提高生产的效率，其趋向是尽量采用流水线生产方式。要点在于同时进行各种零部件的制造加工，而以最终装出整车为目标，彼此之间相互协调。

## 1.2 生产方式与设备

通常，生产方式由生产规模(产量)与工艺特性两方面决定，大致可分为以下三种。

(1) 单件生产方式：采用通用机床，进行单件或极小批量的多品种生产。

(2) 批量生产方式：采用通用机床或通用生产线，通过定期改变生产程序进行多品种中批量或小批量生产。

(3) 流水生产方式：采用专用机床或专用生产线，进行单一品种或少品种的大量流水线生产。

由于汽车生产本身的特性及其大量生产规模，其生产方式就整体而言属于流水作业，但不同的工艺，可能具有程度上的差异。例如：

(1) 由于铸造、锻造、冲压等工艺的生产周期短，采用容易变换程序进行批量生产的通用生产线比采用专用生产线更为有利。

(2) 机械加工与焊接工艺，就生产技术而言宜采用专用生产线进行流水生产。

(3) 涂漆与装配工艺可进行混合生产。其产量虽小，一般仍可采用流水生产。

汽车生产所用的设备应该和生产方式相适应。由于汽车以大量生产为原则，所选设备必须符合流水生产工艺的要求。装配生产线使用输送机进行流水作业，机械加工则多采用连续自动机床。为了适应生产规模的扩大合理化与节省人力的要求，生产设备的高性能化与自动化程度正在不断提高。此外，还采用电子计算机来保证零部件的及时供应，并控制生产线的运行。生产设备的最近发展趋向见表 1-1。

表 1-1 生产设备的最近发展趋向

工 艺	原 用 设 备	最 近 设 备
铸 造	油砂型芯手工夯实 挤压造型 铝合金金属型铸造	壳芯机 高压造型机 铝合金压铸机
锻 造	锻锤 重油加热炉	压力机 感应加热装置
机 械 加 工	单能机	连续自动机床、自动线自动测量、修正、选择机
冲 压	通用压床	自动冲压线 连续自动压力机

续表

工 艺	原 用 设 备	最 近 设 备
焊 接	移动式电焊机	多工位焊接压力机 自动焊机
涂 漆	手工喷涂、手工研磨	自动静电喷涂 电泳涂漆、自动喷涂 自动水研磨机
装 配	链式输送机	推式悬挂输送机 自动装配机

### 1.3 生产工艺与设备

根据汽车生产准备阶段编制的长期生产计划，考虑现有的生产体制与内外加工顺序，应事先对汽车生产工序与设备计划进行周密分析，确定下述自制与外协的分工生产方案与设备布置方案。

#### 1. 自制、外协分工计划与作业计划

在制订零部件或某些工序的自制、外协分工方案时，不仅应考虑产品成本，还应考虑产品质量的稳定性，以及保密、投资计划，对协作企业扶植方针等许多因素。表 1-2 为日本汽车企业自制、外协分工的一般情况，外协率占购入量的 90%，占购入金额的 70%。

汽车工厂的生产时间一般为两班制，每天一共生产 14~16h，以降低设备的折旧费。在集体劳动程度高的装配部门内，也有采用一班制的。至于热处理等预热损失大的部门，则实行 24h 连续作业制度。

表 1-2 自制、外协分工一般情况举例

	特 征	主要零部件
自制	生产的连续性 缩短生产周期	总成装配与主要零部件加工 (铸造、锻造、机械加工)
自制外 协混合	减轻设备负荷	坐垫、燃油箱、盘式车轮、制动盘等 飞轮制动鼓等简单的机械加工零件 护板件装配(中型) 大的电镀件
外协	充分运用专业工厂	轮胎、玻璃、电器、仪表等 弹簧、轴承等 活塞、离合器、散热器等 橡胶、塑料、装饰品等软质材料 铸铁、铝合金等原材料与坯料

## 2. 加工方法与设备

大量生产时，一般根据生产计划确定生产节拍，然后选定各种加工方法与设备，所应考虑如下基本问题。

(1) 通过对各工序的分解与合并，或对加工条件的改进，尽量使各工序的生产周期与所需要的生产节拍相吻合，以形成一条同步生产的专用线。此外，当工序之间达到同步，并将生产管理(零部件供应方式与库存安排方式)和质量控制(质量控制方式与设备、检测点等)的内容充分纳入后，就可形成一条具有综合机能的生产线。

(2) 应该注意减少总装配量(适当分组装配)，减少调整作业量，减少工序数目，并保持工艺过程的连续性，以提高大量生产线运行的平稳性与生产速度。

(3) 参照最佳节拍时间，确定生产线数量与流动方式。一般对大量生产线而言，机械加工生产线的最佳节拍时间为 0.7~2.0min。装配生产线为 1.0~2.0min。但若单一品种加工数量不能达到经济数量时，一条生产线上可流动生产两种产品，它们的产量应相互配合从而达到经济产量。例如，可形成装配与涂漆的混合生产线，至于机械加工与焊接，也可通过工序变换，形成批量生产线。在这种场合下，应该尽量做到车辆与总成的系列化，零部件的通用化与标准化。

(4) 选定加工方法时，应该根据产量进行经济核算，选择经济性最好的加工方法。为此，在大量生产线上，应该尽量采用符合节拍要求的大量生产方法，如无切屑加工法，加工装配的高速化、同步化、多方位同时进行等方法。

(5) 不言而喻，在可能范围内应该尽量做到省力化与自动化。然而，为了适应今后难于避免的生产变动，应选用适应性高的设备。例如，可采用通用性大的专用生产线，这种生产线的程序变换简便，且当车辆改型时，通过更换加工装备，也容易进行相应变动与改造。

(6) 虽然要求设备的可靠性高，但是希望在带刚性的机械与单能机的刀具配置和加工条件方面，保持适当的变动余地。设备的标牌与型号应保存齐全，以利于设备维护并掌握操作要点。

(7) 工夹具对产品质量和生产情况有很大影响，必须周密研究。设计时必须注意，为了保持检验量规的精度、省力化与时间平衡，宜采用同时加工零件的单手柄固定和自动夹紧等措施。

## 3. 操作定额

根据工艺、设备与工艺装备，确定各工序、各类操作的加工定级并制订工时定额，进而确定工人数量。尤其是装配生产线，应在平衡每个工人操作时间的条件下，提高劳动生产率。

## 4. 设备布置

设备布置要保证工件流程的通畅。各种设备应组成一个有机体，以提高设备的利用率。这种情况应表示在设备平面布置图上。布置设备时，为了便于搬运、维护与管理，一般要求单一化、直线化。在工序间与生产线间，应配备调节储存装置，以适应工具更换、设备停顿，作业时间波动，换班贻误等情况，这种补充设施与输送机相结合，以达到自动化生产。

在装配线上,对多品种大量零部件的供应采用输送机、线侧装置与流动台车,以保证适时供应。

根据上述计划(自制与外协、工艺、设备、工艺装备,工时定额、设备布置等)制订工艺流程表、操作程序表、工具表、工时定额表等技术标准文件,并应随时使之具有最新内容。在生产准备阶段,应该把它作为正式的新计划部署文件发给有关部门,据此进行各项生产准备工作。

## 习 题

1. 用框图描述汽车的生产过程。
2. 汽车产品的生产有几种方式?试进行比较。
3. 大量生产时要考虑的基本问题有哪些?

# 第2章 铸 造

**教学提示：**铸造生产在机器制造业和其他工业部门应用十分广泛，汽车铸件生产包括多种具有特色的铸造方法，铸造材料的选取又显得十分的重要，铸造工艺主要包括造型与制芯、熔化、铸造、热处理、落砂处理等技术与工序，从用途出发，又必须密切注意汽车铸件的质量。

**教学目标：**了解汽车铸造所需的原料，了解各种铸造工艺及其铸造方法，了解模型的设计及其制造方法，掌握铸件质量检查方法，同时学习曲轴、凸轮轴的铸造工艺。

## 2.1 概 述

### 2.1.1 铸造工艺概要

将熔化的金属或合金浇入已制好的铸型中，经冷却凝固后获得所需形状和尺寸的铸件，这种方法称为铸造。

铸造生产有如下特点。

- (1) 不但可以生产与机械零件形状接近的毛坯，而且可以生产半成品甚至成品，这样可以大大减少机械加工及金属的消耗。
- (2) 一般说来，可以制造任何尺寸、质量和复杂形状的铸件。
- (3) 可以用其他方法不能加工或不易加工的材料生产铸件，如铸铁、南锰钢等。
- (4) 生产成本低。这是因为铸造所用原材料来源广泛，价格低廉，废品回收容易，一般不需要很多的复杂设备，生产准备工作也比较容易。

铸造生产在机器制造业和其他工业部门应用十分广泛。如各种机器设备的机座、机体，坦克的炮塔，汽车和飞机的发动机壳体，耕田用的犁铧及日常生活中用的铁锅等均是用铸造方法制造的。在化工机器生产中也不例外，如压缩机中的铸件质量占机器全部质量的60%~80%。

铸造生产可以根据金属材料和生产方法来分类。根据金属材料的不同，可分为铸铁、铸钢和有色金属铸造等；根据生产方法的不同，可分为砂型铸造和特种铸造。

将熔融金属浇入铸型而得到铸件，从方法上说可算十分简单，但因铸造条件相当复杂，如何定量地掌握住各主要因素之间的关系，就相当困难了。最近，在基础理论研究成果不断充实的情况下，逐渐明确了各主要因素之间的量的关系，对于稳定产品质量起着重大的作用。

汽车上的铸件，不仅在形状和强度方面应符合设计要求，对于材质稳定性和铸件的经济性也有严格规定。近年来，随着新的铸造技术的不断涌现。铸件的可靠性日益增高。对于汽车铸件特性的主要要求是：①铸件形状复杂，常需使用砂芯；②尺寸精度高；③采用薄壁铸件以减轻质量；④材质稳定；⑤具有足够的耐压性和抗压性。针对上述要求，所采

用新的铸造技术有：①自动化的高速高压造型法；②大型低频感应电炉熔炼法，或冲天炉——低频电炉的双联熔炼法；③强韧铸铁的薄壁轻型铸件；④精密铸造法等。此外，从汽车废气处理方面考虑，要求生产耐热、耐蚀性能优良的铸件，预计这类铸件所占的比例将日益增加。

今后铸造方面的课题是：以改善铸造车间作业环境和防止公害的措施为核心，进一步提高机械化和自动化程度。

图 2.1 所示为一般铸铁件的铸造工艺过程。球墨铸铁件与可锻铸铁件的铸造工艺过程与此基本相同。球墨铸铁铁水从化铁炉中流出后，应加入镁合金(Fe-Si-Mg)及其他合金，进行石墨的球化处理。球墨铸铁件既可在铸态下使用，也可经热处理后使用，而可锻铸铁件则需经热处理以提高其强韧性。压铸件于压铸型中成型，其铸造工艺过程也与图 2.1 的情况基本相同。

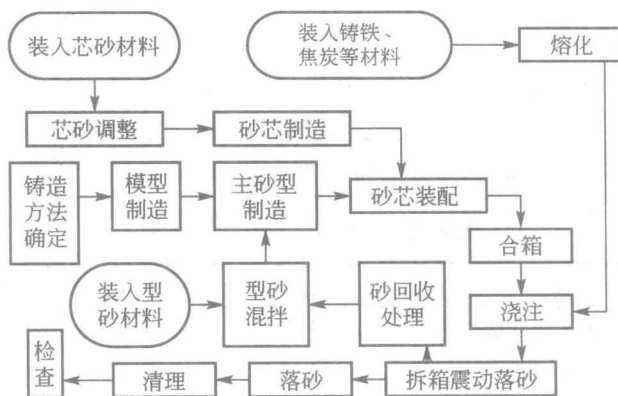


图 2.1 铸造工艺过程

### 2.1.2 铸件

由于铸件的成本低并具有强韧性和耐磨性，可用于制造发动机、变速器、车轴与车轮等动力、传动系统的大型复杂零件。最近，为了适应轻量化、散热性与工艺性的要求，汽缸盖、汽缸体与变速器壳等零件多采用铝合金制造。表 2-1 列出了汽车的典型铸件成分。

表 2-1 汽车典型铸件成分举例

部 件	零件名称	材 料	化学成分/(%)
发动机	汽缸盖	普通铸铁	C:3.20~3.40, Si:1.60~2.00, Mn:0.6~0.8, P<0.25, S<0.1
		合金铸铁	C:3.30~3.50, Si:1.90~2.10, Mn:0.6~0.8, Cr:0.2~0.4
	汽缸体	普通铸铁	C:3.20~3.40, Si:1.60~2.00, Mn:0.6~0.8, P<0.25, S<0.1
		合金铸铁	C:3.35~3.55, Si:1.90~2.10, Mn:0.6~0.8, Cr:0.1~0.3, Cu:0.6~0.8
	曲轴	球墨铸铁	C:3.55~3.70, Si:2.30~2.45, Mn:0.25~0.35, Cu:0.75~0.85, Mg:0.04~0.05
	凸轮轴	合金铸铁	C:3.45~3.65, Si:1.75~1.95, Mn:0.6~0.8, Cr:0.1~0.2
	活塞	铝合金	Si:11.5~12.5, Ni:1.8~2.2, Cu:0.8~1.2, Mg:0.6~1.0, Fe<0.4

续表

部 件	零件名称	材 料	化学成分/(%)
变速器	拨叉	球墨铸铁	C:3.65~3.80, Si:2.40~2.60, Mn:0.2~0.3, Mg:0.04~0.05
	变速器壳	铝合金	Si:9.0~10.0, Cu:3.0~4.0, Fe<0.8
离合器	离合器盘	合金铸铁	C:3.30~3.50, Si:1.80~2.00, Mn:0.6~0.8, Cr:0.2~0.4
制动器	制动鼓	普通铸铁	C:3.30~3.60, Si:1.40~1.90, Mn:0.6~0.9, P<0.2, S<0.2
	制动盘	合金铸铁	C:3.30~3.50, Si:1.80~2.00, Mn:0.6~0.8, Cr:0.1~0.3
	制动钳(钳体)	球墨铸铁	C:3.65~3.80, Si:2.40~2.60, Mn:0.2~0.3, Mg:0.04~0.05

### 2.1.3 铸造方式

汽车铸件生产采用多种各具特色的铸造方法, 本节只选择其中有代表性的几种, 扼要说明。

#### 1. 砂型铸造

砂型铸造主要使用合成砂, 组成铸造生产线。除用于生产汽缸体、汽缸盖、制动鼓等零件外, 其适用范围还在不断扩大。最近, 高速高压造型法迅速普及, 造型速度可达 240~300 箱/小时, 生产率极高。这种方法的特点见表 2-2。

表 2-2 高速高压造型机的特征

优 点	缺 点
尺寸精度高, 铸件尺寸偏差小	设备价格高
生产率高, 造型工时少	易形成气孔冲砂等疵病
减少机械加工工时	对型砂需进行严格管理
铸件致密, 质量稳定	需注意设备的维护保养

#### 2. 壳型铸造

本法以热固性树脂使型砂结成硬壳, 具有生产率高, 铸件尺寸精度高, 砂型透气性好和含水量低等优点, 正被多方采用。由于壳型的强度高, 可使用严格的工艺方案, 以提高铸件材料的利用率, 防止铸造缺陷。然而, 所用树脂的成本高, 是这种方法的缺点。为此可采用金属型覆砂铸造法, 在金属型腔表面覆上一层 3~6mm 厚的型砂壳层。这种方法可减少昂贵的树脂用量, 不仅在经济上有利, 并可使材质稳定。其应用实例有曲轴、汽缸体等零件。

#### 3. 压力铸造

此法是向金属型内压入熔融的金属, 得到尺寸精度高、表面光洁的铸件。此外, 由于金属型的冷却速度大, 铸件致密而强度高。这类铸件的尺寸精度也高, 可以减少机械加工工时。汽车上具有代表性的铝合金压铸件有汽缸体、汽缸盖、变速器壳、传动链壳体、转向器壳体等多种。

### 2.1.4 铸造车间平面布置

确定铸造车间平面布置时, 必须考虑铸件种类、尺寸和产量。在铸造车间内, 为使铸件能高效率流动, 对于工序间和车间内部各种设备的配置必须进行充分的分析。应注意的



有：①缩短搬运距离，并使产品流通顺畅；②设备立体布置，充分利用空间；③提高车间的机械化、自动化程度，充分进行检测管理；④改善劳动环境。熔化工序与造型工序是工艺管理的重点，要根据熔化炉的类型和操作条件，进行严格地管理。与此同时，为了型砂的再生利用，对于砂的透气性、压缩强度等性能也必须认真管理，以缩小它们的变动范围。

为了防止造型机与脱箱机的噪声与粉尘，改善劳动环境，已有设置隔音室和采取全车间通风除尘措施之实例。为了防止公害，已开始采用囊式滤尘器清除冲天炉排气中的灰尘。对于壳型烧结时发生的恶臭气体，则采用燃烧或吸收的办法来消除。

## 2.2 铸造材料

### 2.2.1 铸造原料

铸造的主要原料包括生铁、废钢、回炉料等熔化用料，以及铸造用砂等造型材料。铸造生铁的质量稳定十分重要，最好对成批购进的生铁做化学分析并制表记录，以供参考。本企业内的废钢，已知其成分，可以放心使用，对于从外面购进的废钢，则应预先确定成分后，才可使用。材料分析除采用湿式的化学分析法外，最近多采用光谱分析法。

粒度分布对造型用砂十分重要，影响造型时的成型性、铸件的表面质量和铸型的透气性。此外，还希望保持适当的耐热性，以承受高温铁水的作用。目前，铸造用砂除最常用的硅砂外，还有锆砂、橄榄石矿砂、铬矿砂等。由于铸造原材料对铸件质量和铸造缺陷有很大影响，必须严格管理。

#### 1. 对型砂和芯砂性能的要求

型(芯)砂质量对铸件的质量有很大的影响，如砂眼、夹砂、气孔、裂纹等缺陷的产生常是由于型(芯)砂质量不合格所引起的。同时，新的造型材料的出现，也常能促使造型或制芯工艺的变革。此外，每生产1吨合格铸件需4~5吨型砂。因此，合理选用型(芯)砂，可提高铸件质量，降低成本。

型(芯)砂应具备如下的性能。

(1) 可塑性。型砂在外力作用下容易获得清晰的模型轮廓，外力去除后仍能保持其形状的性能称之为可塑性。砂子几乎是不可塑的，而含有一定水分的黏土，则有很好的可塑性。所以在型砂中含黏土量越多，并且黏土的分布越均匀，可塑性越好。

(2) 强度。型砂在外力作用下而不破坏的能力叫做强度。为了在搬运、合箱和浇注时不致损坏，型砂应具有足够的强度。型砂的强度随黏土含量和型砂的捣实程度的增加而增加，细小砂粒和大小不均匀的砂粒也能提高型砂的强度。

型砂的强度随黏土含量和紧实度的增加而增加，砂的粒度越细强度越高。型砂的含水量对强度也有很大影响，过多或过少均使强度变低。型砂的强度可用标准试样在专门仪器上测定。

(3) 耐火性。在高温液体金属作用下，型砂不软化、不黏结金属的性能称之为耐火性。若耐火性差，型砂将黏结在铸件表面上，使机械加工非常困难，严重时，因不能机械加工而报废。耐火性主要与化学成分、砂粒形状及大小等有关。纯石英砂的耐火性最好。圆形、粗大砂粒的耐火性较多角形、细小砂粒的耐火性好。

为弥补型砂耐火性的不足，还需采用防粘砂材料。如在型砂中混入少量煤粉或在型腔