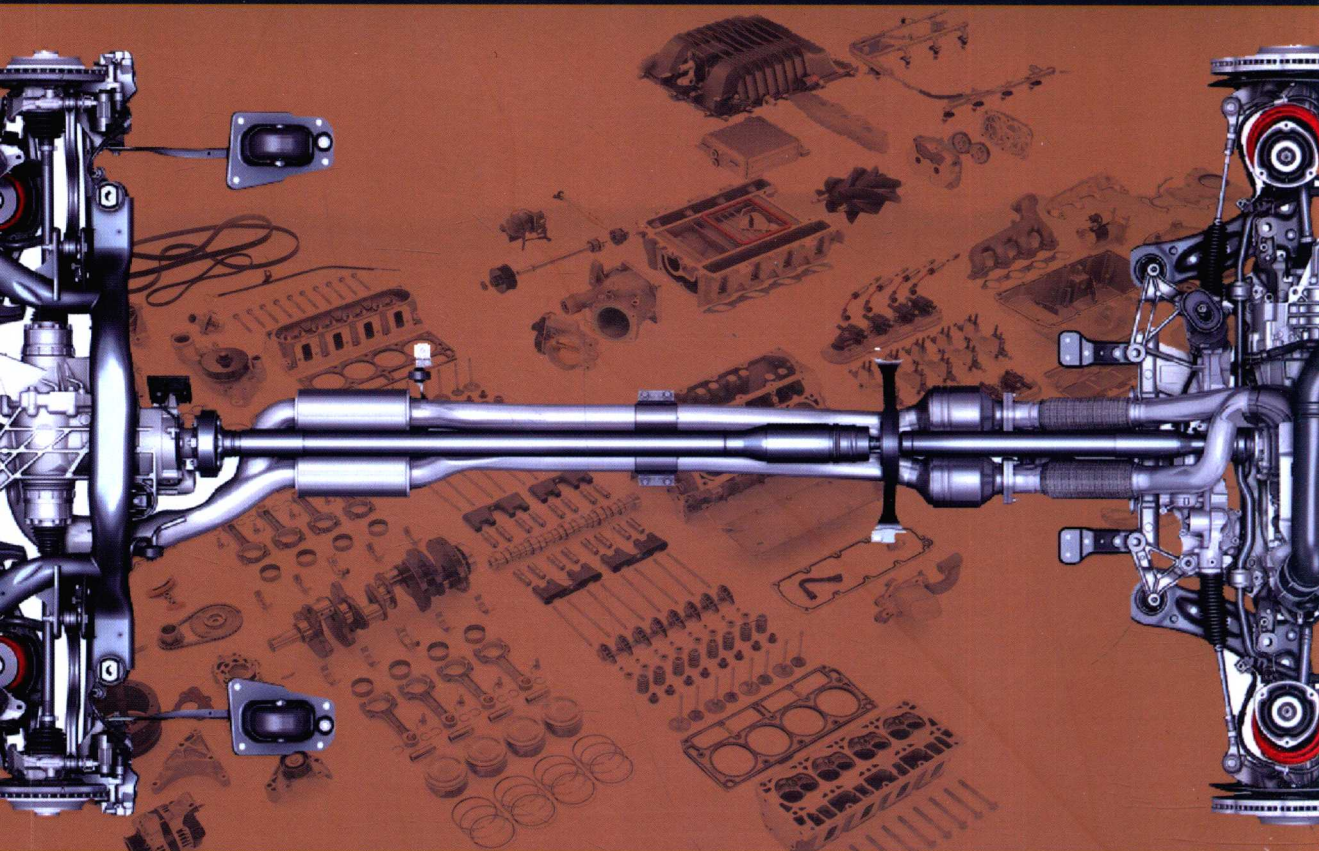


QICHE LINGBUJIAN ZHIZAO GONGYI JI DIANXING SHILI

汽车零部件制造工艺 及典型实例

张志君 主 编

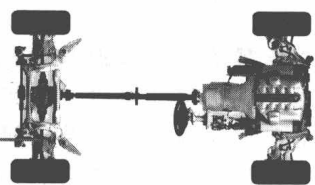
王宇昆 吴永锋 孙澄宇 副主编



化学工业出版社

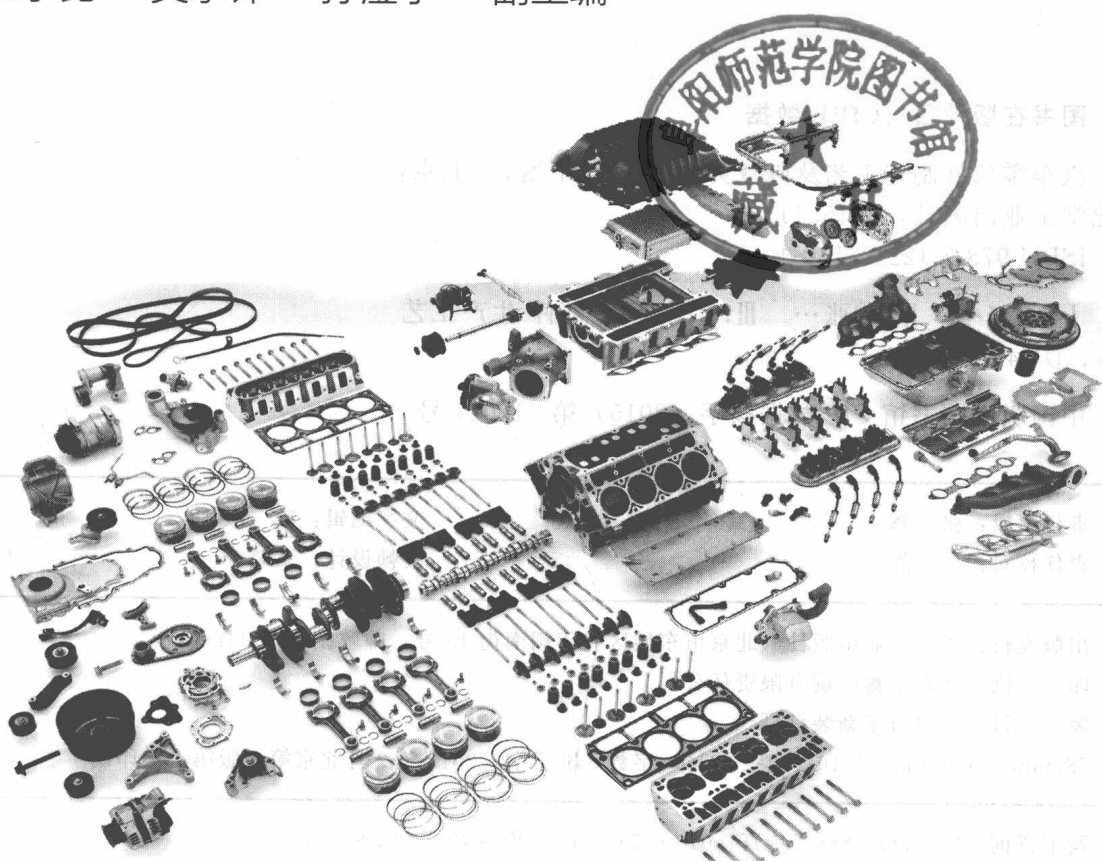
QICHE LINGBUJIAN ZHIZAO GONGYI JI DIANXING SHILI

汽车零部件制造工艺 及典型实例



张志君 主 编

王宇昆 吴永锋 孙澄宇 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

全书分为上、下两篇：上篇为汽车零部件机械加工的基础知识，包括结构工艺性、工艺基础、工艺规程制定、定位与装夹、质量控制、装配工艺尺寸链等；下篇重点介绍各种典型汽车零部件的加工工艺，主要介绍了齿轮、连杆、曲轴、箱体、车身、活塞、半轴、轮毂 8 种典型汽车零部件的机械加工工艺流程、工艺特点和分析、加工操作要点等。本书内容针对性强，注重加工实际，有较强的实用性。

本书可作为高等院校有关汽车、拖拉机、内燃机各专业的教学用书，也可作为从事汽车、拖拉机、内燃机等设计、研究、生产、制造、维修等工程技术人员和技术工人的参考用书。



图书在版编目 (CIP) 数据

汽车零部件制造工艺及典型实例/张志君主编. —北京:
化学工业出版社, 2015. 11
ISBN 978-7-122-25140-4

I. ①汽… II. ①张… III. ①汽车-零部件-生产工艺
IV. ①U463.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 218041 号

责任编辑：张兴辉
责任校对：王 静

文字编辑：项 激
装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 23½ 字数 549 千字 2016 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

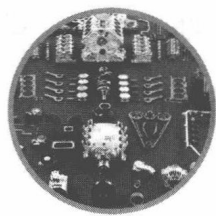
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：98.00 元

版权所有 违者必究

| 前言 |

| FOREWORD |



作为全球汽车第一大产销国，中国没有一家汽车制造企业品牌价值进入汽车品牌价值排行榜前十行列。与世界发达的工业国家相比，我国的汽车零部件产品存在性能差、寿命短、质量不稳定等问题。原因当然是多方面的，然而技术队伍的素质是主要原因。汽车零部件制造工艺技术中许多方面要依赖于生产者的经验和技巧。随着中国汽车制造业的迅猛发展，新生力量不断增加，国内汽车制造业急待提高制造者的技术水平。而本书就是为了满足读者需要和社会需求，在化学工业出版社倡导下编写的。

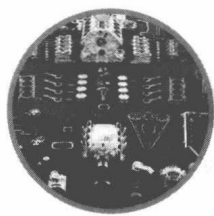
本书分上篇、下篇两部分，上篇主要介绍了汽车零部件制造工艺基本概念，汽车零部件结构工艺性，汽车零部件常见制造工艺基础知识，汽车零部件机械加工工艺规程制定，工件的定位和机床夹具，汽车零部件加工精度及质量控制及其汽车零部件装配工艺等。下篇介绍典型汽车零件的加工工艺，主要介绍了齿轮、连杆、曲轴、箱体、车身、活塞、半轴、轮毂共8种典型汽车零件的机械加工工艺过程、工艺特点和分析、加工操作要点等。

本书的特点是针对性强，理论联系实际，内容实用，图文并茂。本书除可作为高等院校有关汽车、拖拉机、内燃机各专业的教学用书外，也可作为从事汽车、拖拉机、内燃机等设计、研究、生产、制造、维修等工程技术人员和技术工人的参考用书。

本书由张志君主编，王宇昆、吴永锋、孙澄宇副主编，参加本书编选和制图工作的还有刘丽杰、邴政、王志军、凌明泽、陈向东等。

由于编写时间较短，加之编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者



上 篇

第1章 汽车零部件制造工艺基本

概念 1

1.1 汽车零件的生产过程 1

1.2 汽车生产的工艺过程 2

1.3 汽车零件的加工经济精度 3

1.3.1 加工精度和成本的关系 4

1.3.2 加工经济精度与加工方法的选择 4

1.4 汽车制造专业的工艺文件 7

1.4.1 工艺规程 7

1.4.2 管理用工艺文件 10

第2章 汽车零部件结构工艺性 11

2.1 概述 11

2.2 汽车零件结构的机械加工工
艺性 12

2.2.1 提高零件的标准化程度 12

2.2.2 零件结构应便于在机床或设备上
安装 142.2.3 零件结构应利于提高切削效率和
保证加工质量 152.2.4 零件结构应便于工件的加工和
测量 162.2.5 零部件加工时要有足够的
刚性 192.3 零件设计尺寸及其偏差和表面粗糙
度的合理标注 19

2.3.1 对设计尺寸标注的要求 19

2.3.2 零件设计尺寸的分类 19

2.3.3 主要尺寸的标注方法 20

2.3.4 尺寸标注的一般方法和
步骤 202.3.5 尺寸标注时应考虑的一些工艺
问题 21

2.3.6 表面粗糙度的合理标注 28

2.4 产品结构的装配工艺性 28

2.4.1 产品的继承性好 28

2.4.2 产品能分解成若干个独立装配的
装配单元 282.4.3 各装配单元要有正确的装配
基准 29

2.4.4 便于装配和拆卸 30

2.4.5 正确选择装配方法 31

2.4.6 尽量减少装配时的修配和机械
加工 322.4.7 连接结构形式应便于装配工作的
机械化和自动化 32

第3章 汽车零部件常用制造工艺基础

知识 33

3.1 汽车零部件毛坯制造工艺基本
知识 33

3.1.1 铸造 33

3.1.2 锻造 41

3.1.3 焊接 46

3.1.4 冲压 68

3.1.5 粉末冶金 74

3.1.6 塑料成形工艺 77

3.2 汽车零件的一些典型的加工
方法 81

3.2.1 拉削和镗削 82

3.2.2 磨削 85

3.2.3 光整加工 87

3.2.4 齿面的加工 89

3.2.5 表面强化工艺与电加工 89

第4章 汽车零部件机械加工工艺规程

制定 92

4.1 概述 92

4.2 工艺路线的制定 92

4.2.1 定位基准的选择 92

4.2.2 表面加工方法的选择 96

4.2.3 加工阶段的划分 98

4.2.4	工序的集中与分散	100	5.5	定位误差的分析与计算	139
4.2.5	工序顺序的安排	101	5.5.1	定位误差的定义及产生的原因	139
4.3	工序具体内容的确定	103	5.5.2	定位误差的分析与计算	141
4.3.1	加工余量和工序尺寸的确定	103	5.5.3	加工误差不等式	148
4.3.2	机床(设备)及工艺装备的选择	107	5.6	工件的夹紧及夹紧装置	149
4.3.3	切削用量的确定	108	5.6.1	夹紧装置的组成和夹紧的基本要求	149
4.3.4	时间定额的确定	108	5.6.2	夹紧力的确定	150
4.4	工艺方案的经济评比	109	5.6.3	常用的典型夹紧机构	152
4.5	提高机械加工劳动生产率的工艺途径	112	5.7	典型机床夹具	157
4.5.1	缩短单件计算定额的工艺措施	112	5.7.1	钻床夹具	157
4.5.2	多台机床操作	114	5.7.2	铣床夹具	161
4.5.3	高效和自动化加工	114	5.8	夹具设计的方法和步骤	163
4.6	成组技术概述	115	5.8.1	夹具设计的要求	163
4.6.1	成组技术的概念	115	5.8.2	夹具的设计步骤	164
4.6.2	零件组的划分	116	第6章 汽车零部件加工精度及质量控制		
4.6.3	成组工艺过程及生产组织形式	116	6.1	机械加工质量的概念	166
4.6.4	成组加工的生产组织形式	117	6.1.1	加工精度	166
第5章 工件的定位和机床夹具		119	6.1.2	表面质量	167
5.1	基准的概念	119	6.2	产生加工误差的主要因素	167
5.1.1	设计基准	119	6.2.1	原理误差	167
5.1.2	工艺基准	119	6.2.2	机床的制造、安装误差及磨损	168
5.2	工件的装夹方法和位置公差的保证	121	6.2.3	刀具的制造误差及磨损	170
5.2.1	找正装夹法	121	6.2.4	工艺系统受力、受热变形引起的误差	171
5.2.2	专用机床夹具装夹法	122	6.2.5	工件内应力	177
5.2.3	工件位置公差的保证	123	6.2.6	其他误差	179
5.3	专用机床夹具的组成及其分类	123	6.2.7	加工误差的分析方法	180
5.3.1	专用机床夹具的组成	123	6.3	表面质量的形成及影响因素	183
5.3.2	专用机床夹具的分类	124	6.3.1	表面粗糙度	183
5.4	工件在夹具中定位的基本规律	125	6.3.2	工件表面层的力学性能和化学性能	185
5.4.1	工件定位的六点定位规则	125	6.4	加工质量对机器零件使用性能的影响	188
5.4.2	工件正确定位应限制的自自由度	126	6.4.1	表面质量对零件耐磨性的影响	188
5.4.3	机床夹具定位元件及其所限制的自自由度	129	6.4.2	表面质量对零件耐疲劳性的影响	189
			6.4.3	表面质量对零件耐蚀性的影响	190
			6.4.4	表面质量对零件配合质量的	

影响	190
第 7 章 汽车零部件装配工艺	191
7.1 装配工艺概述	191
7.1.1 装配的概念	191
7.1.2 装配精度	191
7.1.3 装配工作的基本内容	192
7.1.4 装配工作的生产类型和组织形式	194
7.2 装配工艺规程	195
7.2.1 概述	195
7.2.2 制订装配工艺规程的基本原则	195
7.2.3 装配工艺规程的内容及制订的方法和步骤	196
7.2.4 汽车总装配工艺过程简要介绍	198
7.3 尺寸链基本概念	199
7.3.1 尺寸链的定义	199
7.3.2 尺寸链的组成	200
7.3.3 尺寸链的分类	201
7.4 尺寸链计算的基本公式	202
7.4.1 直线尺寸链的计算	203
7.4.2 平面尺寸链的计算	207

7.5 装配尺寸链的建立	208
7.5.1 装配尺寸链的基本概念	208
7.5.2 装配尺寸链的建立	208
7.6 保证装配精度的方法	212
7.6.1 互换装配法	212
7.6.2 选择装配法	214
7.6.3 调整装配法	217
7.6.4 修配装配法	220
7.7 工艺尺寸链的计算	221
7.7.1 工序基准、测量基准与设计基准重合时工序尺寸的确定	221
7.7.2 工序基准、测量基准与设计基准不重合时工序尺寸的确定	222
7.7.3 以待加工表面为工序基准时工序尺寸的确定	224
7.7.4 一次加工同时保证多个设计尺寸时工序尺寸的确定	225
7.7.5 对称度、同轴度为设计要求的有关工序尺寸的确定	226
7.7.6 孔系坐标尺寸的计算	227

下 篇

第 8 章 齿轮制造工艺	229
8.1 齿轮的结构特点及结构工艺性分析	229
8.1.1 齿轮的结构特点	229
8.1.2 齿轮的结构工艺性分析	230
8.2 齿轮的机械加工工艺	231
8.2.1 齿轮的主要技术要求	231
8.2.2 齿轮的材料和毛坯	232
8.2.3 齿轮机械加工的定位基准	233
8.2.4 齿轮主要加工表面的工序安排	234
8.3 齿轮主要表面的机械加工	236
8.3.1 齿坯加工	236
8.3.2 齿面加工	236
8.3.3 齿端倒角加工	241
8.3.4 修磨基准孔和端面	242
8.3.5 齿轮的检验	242

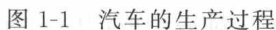
第 9 章 连杆制造工艺	244
9.1 连杆的结构特点及结构工艺性分析	244
9.1.1 连杆的结构	244
9.1.2 连杆的结构工艺性	245
9.2 连杆的材料、毛坯及主要技术要求	246
9.2.1 连杆的材料	246
9.2.2 连杆的毛坯	246
9.2.3 连杆的技术要求	247
9.3 连杆的机械加工工艺	248
9.3.1 连杆机械加工的定位基准	249
9.3.2 连杆主要加工表面的工序安排	250
9.4 连杆的主要表面的机械加工	251
9.4.1 大、小头端面的加工	251
9.4.2 连杆辅助基准和其他平面的	

加工	253	加工工序安排	284
9.4.3 螺栓孔及锁口槽的加工	254	11.2.4 箱体零件机械加工的加工程序	285
9.4.4 连杆大、小头孔的加工	255	11.3 箱体平面的加工方法	287
9.4.5 连杆结合面裂解加工	256	11.4 箱体孔隙的加工方法	290
9.5 连杆的称重、去重以及检验	257	11.4.1 平行孔系的加工	291
9.5.1 连杆的称重与去重	257	11.4.2 同轴孔系的加工	293
9.5.2 连杆的检验	257	11.4.3 交叉孔系的加工	293
第10章 曲轴制造工艺	259	第12章 汽车车身制造工艺	294
10.1 曲轴的结构特点及主要技术要求	259	12.1 汽车车身冲压材料	294
10.1.1 曲轴的主要组成部分及功用	259	12.1.1 汽车车身冲压材料的要求	295
10.1.2 曲轴的结构特点	261	12.1.2 常用汽车车身冲压材料	296
10.1.3 曲轴的技术要求	263	12.1.3 新型汽车车身冲压材料	299
10.2 曲轴的加工工艺分析	264	12.2 汽车车身覆盖件冲压工艺	300
10.2.1 曲轴的材料	264	12.2.1 汽车车身覆盖件的特点及分类	300
10.2.2 曲轴毛坯制造工艺	265	12.2.2 常用的冲压工序	302
10.2.3 曲轴的加工工序安排与定位基准的选择	266	12.2.3 车身覆盖件的冲压工艺	304
10.2.4 曲轴的表面强化工艺	269	12.3 汽车车身装焊工艺	309
10.3 大批量曲轴的机械加工	270	12.3.1 车身装焊的过程	309
10.3.1 曲轴轴颈车削加工	271	12.3.2 汽车车身常用焊接方法	310
10.3.2 曲轴轴颈铣削加工	272	12.3.3 车身装焊夹具及生产线	318
10.3.3 曲轴车拉加工	273	12.4 汽车车身涂装工艺	320
10.3.4 CNC高速曲轴外铣加工	274	12.4.1 车身涂装用涂料	320
10.3.5 曲轴磨削工艺	275	12.4.2 涂装前的表面处理	323
10.3.6 曲轴光整加工工艺	276	12.4.3 车身涂装工艺体系及常用涂装方法	324
10.3.7 曲轴的动平衡处理	277	第13章 活塞制造工艺	329
第11章 箱体零件制造工艺	278	13.1 活塞的结构特点及结构工艺性	329
11.1 箱体零件的结构特点及技术要求	278	13.1.1 活塞的结构特点	329
11.1.1 箱体零件的结构特点及结构工艺性	278	13.1.2 活塞的结构工艺性	330
11.1.2 箱体零件的技术要求	280	13.2 活塞的材料、毛坯及主要技术要求	331
11.2 箱体零件机械加工工艺	281	13.2.1 活塞的材料	331
11.2.1 箱体零件的材料和毛坯	281	13.2.2 活塞的毛坯	332
11.2.2 箱体零件机械加工的定位基准	283	13.2.3 活塞的主要技术要求	333
11.2.3 箱体零件主要加工表面的机械		13.3 活塞的加工工艺	334

13.3.1	活塞加工工艺性分析	334
13.3.2	活塞加工定位基准的选择	334
13.3.3	活塞的加工工序安排	336
13.3.4	活塞的加工工艺过程	336
13.4	活塞主要表面的加工	337
13.4.1	活塞裙部的精加工	337
13.4.2	活塞环槽的加工	340
13.4.3	活塞销孔的加工	340
第14章	半轴制造工艺	343
14.1	半轴的结构特点及结构工艺性	343
14.1.1	半轴的支承及受力	343
14.1.2	半轴的结构及结构工艺性	344
14.2	半轴的选材及主要技术要求	345
14.2.1	半轴的选材	345
14.2.2	半轴的主要技术要求	346
14.3	半轴的加工工艺	347
14.3.1	半轴毛坯的成形工艺	348
14.3.2	半轴的热处理工艺及机械加工工艺	351
第15章	轮毂制造工艺	352
15.1	轮毂的结构特点及结构工艺性	352

15.1.1	轮毂的结构特点	352
15.1.2	轮毂的结构工艺性	353
15.2	轮毂的材料及主要技术要求	354
15.2.1	轮毂的材料	354
15.2.2	汽车轮毂的主要技术要求	356
15.3	轮毂的加工工艺	358
15.3.1	钢制轮毂制造工艺	358
15.3.2	铝合金轮毂制造工艺	358
第16章	转向节制造工艺	361
16.1	转向节结构工艺性	361
16.1.1	转向节的结构特点和主要技术要求	361
16.1.2	转向节的毛坯材料及制造方法	362
16.1.3	转向节结构工艺性	362
16.2	转向节的加工工艺	363
16.2.1	转向节加工工艺过程概述	363
16.2.2	转向节的机械加工工艺分析	364
16.2.3	转向节加工精度的检验	366
参考文献		367

汽车是一个复杂的机械产品，构成一辆汽车的整体零部件包括细小的螺丝钉在内，数目大概在 3 万个左右。其生成过程也是相当复杂的。由原材料制成各种零件和总成（总成是由若干个零件按规定技术要求组装的装配单元），并装配成汽车产品的全部过程称为汽车生产过程。其中包括原材料的运输和保管，生产准备，毛坯制造，零件的机械加工与热处理，部件装配和汽车的总装配，产品的品质检验和试车、调试、涂装及包装、储存等。图 1-1 所示为汽车生产过程。



汽车零件的生产过程也是由一个或者几十个不同的专业化生产厂（车间）联合完成的。汽车零件的生产过程是指从原材料到汽车零件成品的全过程。一个零件的完成一般要经历毛坯制造、热处理、机械加工等过程。例如生产一台发动机，首先是铸造、锻件厂（车间）将

各种特性不同的原材料加工制成毛坯,然后经过机械加工、热处理厂(车间)制成合格的零件,再结合利用其他专业技术的产品,如火花塞(汽油机)、燃油泵(柴油机)等各种附件,在总装厂(车间)进行部件装配和总成装配,最后经过调试试验达到要求的性能指标,成为一台合格的发动机。一家汽车制造企业是不可能承担全部汽车零部件的生产的,一般它只完成生产过程中的主要零件和部件及总成的生产,如发动机、变速器、驱动桥、车架、车身等。其余的零部件或附件,如橡胶轮胎制品、玻璃制品、电子电气装置等,则由产品专业化企业或公司完成生产。

1.2 汽车生产的工艺过程

工艺是指制造产品的方法,它包含各种制造技术和手段。生产过程中,直接改变生产对象的形状、尺寸、表面之间相对位置和性能等,使之变为成品或者半成品的方法和具体过程,称为工艺过程。例如毛坯的铸造、锻造和焊接,改变材料性能的热处理,零件的机械加工和装配等,都属于工艺过程。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、零件的机械加工工艺过程、总成或部件及汽车产品的调试、装配工艺、检验工艺过程等。

将原材料通过浇铸、锻造、冲压或焊接的方法制造成铸件、锻件、冲压件或焊接件的生产过程,分别称为铸造、锻造、冲压或焊接工艺过程,统称为毛坯制造工艺过程。

通过各种热处理方法改变零件材料性能的生产过程,称为热处理工艺工程。

在机床设备上利用金属切削刀具或者磨料工具,利用切削加工方法,直接改变毛坯的形状、尺寸、表面质量以及物理力学性能,使之成为合格零件的生产过程,称为机械加工工艺过程。就广义而言,电加工、超声波加工、激光加工、电子束及离子束加工等也属于机械加工工艺过程。根据机械加工中有无切屑,可以分为切屑加工和无屑加工两类。切屑加工是利用切削刀具或磨料工具从生产对象(工件)上切除多余材料的加工方法,如汽车制造中所采用的车削、钻削、铰削、铣削、拉削、镗削、磨削、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。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和强化表面的加工方法,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、滚挤压轴零件外圆和内孔等。

按规定的装配技术要求,将合格产品零件以及外购件、标准件等装配成组件、部件和整台机器的生产过程,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,分为总成部件的装配(分装或部装)和汽车产品的总装配。

一个零件的机械加工往往比较复杂。为了便于生产组织和管理,合理调配和使用生产设备以及其他生产资源,保证零件加工质量和提高生产效率,生产中常常把机械加工工艺过程分为若干个依次排列的工序,而工序又可分为安装、工位、工步和走刀等。毛坯通过这些工序就变成了成品或者半成品。

机械加工工艺过程主要分为工序、安装、工位、工步、行程等工作内容。

(1) 工序

一个或一组工人,在一个工作地,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,称为工序。工序是组成工艺过程的基本单元,也是生产计划的基本单元。工序划分的主要依据是工作地点是否变动,对同一个工件不同表面的加工是否连接(顺序或者平行)完成。由于零件表面具有不同的形状、精度,因而这些表面不可能在一台机床上全部加工完成。同时划分工序可以提高生产效率,降低生产成本。

(2) 安装

工件在加工前,先要把工件放准。确定工件在机床上或夹具中占有正确的位置的过程称为定位。工件定位后将其固定,使其在加工过程中保持定位位置不变的操作方法称为夹紧。将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程称为装夹。

同一道工序中,工件(或装配单元)经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。在一道工序中,工件可能被安装一次或几次后才能完成加工。工件在一道加工工序中,应尽量减少安装的次数,若是安装次数增多,就会增加安装的时间,导致生产效率降低;由于多次安装,安装位置改变,容易产生安装误差,影响被加工部位间的精度。所以,在同一工序中,减少安装次数可以提高生产效率和零件的位置精度。对于有位置公差要求的工件(或装配单元)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,在采用各种回转工作台、回转夹具、移动夹具、多轴自动机等进行零件加工时,零件一次安装后,工件与机床夹具或设备的可动部分一起相对于刀具或者设备的固定部分的位置变动后所占据的每一个位置上所完成的那一部分工艺过程,称为工位。机床夹具的分度机构或机床设备工作台的移位或转位来实现工位的变换。采用一道工序一次安装两个工位的加工方案的优点是,节省了装卸工件的时间,提高了生产效率,同时在采用毛坯表面装夹条件下,一次安装中的不同工位加工的位置公差较小。

(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。

在汽车零部件加工中,有时为了提高生产效率,常在一次安装中,利用多个刀具同时加工多个待加工表面,作为一个工步,称为复合工步,在工艺规程中,只写为一个工步。

(5) 行程

行程(进给次数)有工作行程和空行程之分。工作行程是指刀具以加工进给速度相对工件所完成的一次进给运动的工步部分;空行程是指刀具以非加工进给速度相对工件所完成的一次进给运动的工步部分。

1.3 汽车零件的加工经济精度

汽车零件上具有使用功能的表面,都有较严格的尺寸、形状、位置公差和一定的表面粗糙度要求的规定。为了确保这些加工要求的实现,在零件加工过程中,必须选择一些经济的切削加工方法。这些被加工表面的加工要求能否由这些加工方法来实现,是由该加工方法的加工经济精度来决定的。

加工精度是加工后零件表面的实际几何参数与图纸要求的理想几何参数的符合程度。零件实际几何参数与理想几何参数的偏离数值称为加工误差。加工精度包括三个方面的内容:尺寸精度、形状精度及位置精度。尺寸精度指加工后零件的实际尺寸与零件尺寸的公差带中心的相符合程度;形状精度指加工后的零件表面的实际几何形状与理想的几何形状的相符合程度;位置精度指加工后零件有关表面之间的实际位置与理想位置的相符合程度。

加工经济精度是机械加工中常用的概念。因为企业是追求经济效益的,经济效益是企业生存的依据,因此一个零件从设计到加工都要注意其经济性。加工经济精度是指在正常的加工条件下(采用符合质量标准的设备和工艺装备,使用标准技术等级的工人、不延长加工时间)一种加工方法所能保证的加工精度和表面粗糙度。

使用要求决定加工精度的高低。零件的成本是和加工精度密切相关的,7级精度应该

是比较高的精度，再往上 6 级、5 级、4 级是更高的精度，精度等级每往上增加一个等级，加工的难度就会呈几何级增长，不仅对加工机床和工具的要求会更高，也要求工人有较高的加工水平。例如，7 级精度用一般的机床和工具就可以达到，但是 6 级就要用磨床，而 5 级就要用数控机床和精磨，甚至手工研磨了，4 级就更难。每增加一个精度等级可能会多几个工序，多用几台更好的机床，多用技术工人，从而使零件的成本增加。追求经济精度就是要在满足使用要求的条件下以最低的精度、最低的成本，达到追求利益最大化的目的。

1.3.1 加工精度和成本的关系

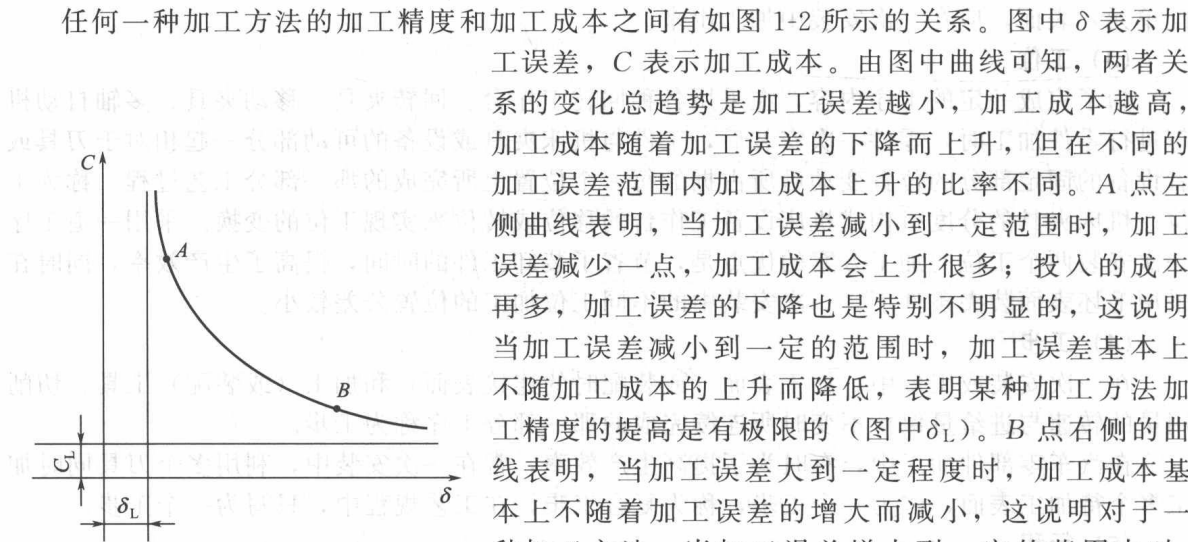


图 1-2 加工精度与加工成本的关系

任何一种加工方法的加工精度和加工成本之间有如图 1-2 所示的关系。图中 δ 表示加工误差， C 表示加工成本。由图中曲线可知，两者关系的变化总趋势是加工误差越小，加工成本越高，加工成本随着加工误差的下降而上升，但在不同的加工误差范围内加工成本上升的比率不同。A 点左侧曲线表明，当加工误差减小到一定范围时，加工误差减少一点，加工成本会上升很多；投入的成本再多，加工误差的下降也是特别不明显的，这说明当加工误差减小到一定的范围时，加工误差基本上不随加工成本的上升而降低，表明某种加工方法加工精度的提高是有极限的（图中 δ_L ）。B 点右侧的曲线表明，当加工误差大到一定程度时，加工成本基本上不随着加工误差的增大而减小，这说明对于一种加工方法，当加工误差增大到一定的范围内时，成本的下降也是有极限的，即有最低成本（图中 C_L ）。当只有在曲线 AB 段，加工成本随着加工误差的减少而上升的比率相对稳定。由此可见，只有当加工误差等于曲线 AB 段对应的误差值时，采用相应的加工方法加工才是经济的，该误差值所对应的精度即为该加工方法的经济精度。因此，加工经济精度是指一个精度范围而不是一个值。

1.3.2 加工经济精度与加工方法的选择

因为汽车零部件的制造大多采用调整法加工，即在一次对刀后，按规定的单件时间加工一批工件。工件的加工精度只能由工艺系统自身的运行来获得，单件时间的限制决定了不可能依靠工人慢工细作的技艺来达到加工精度，也不应靠全数检查来挑选合格品。按零件精度和表面粗糙度要求来确定加工方法时，要比有关表格推荐的经济加工精度保守一个精度等级。例如对精度等级要求为 IT7 的表面加工，要按 IT6 来确定加工方法，或者说，用 IT6 加工方法来加工 IT7 的表面。对表面粗糙度的获得方法也可以这样考虑。各种加工方法（车、铣、刨、钻、镗、铰等）所能达到的加工精度和表面粗糙度都有一定范围，如表 1-1~表 1-8 所示。

表 1-1 外圆柱表面加工的尺寸经济精度

加工方法		公差等级 (IT)	加工方法		公差等级 (IT)
车削	粗车	11~12	磨削	粗磨	8
	半精车	8~10		精磨	6~7
	精车	7~8		精密磨	5~6

表 1-2 孔加工的经济精度

加工方法		公差等级(IT)	加工方法		公差等级(IT)
钻孔及用钻头扩孔		11~12	镗孔	精密镗	6~7
扩孔	粗扩	12		金刚镗	6~7
	铸孔或冲孔后一次扩孔	11~12	拉孔	粗拉铸孔或冲孔	7~9
	钻或粗扩后的精扩	9~10		粗拉或钻孔后粗拉孔	7
铰孔	粗铰	9	磨孔	粗磨	7~8
	精铰	6~8		精磨	6~7
	精密铰	6~7		精密磨	6
镗孔	粗镗	10~12	研磨、珩磨		6
	精镗	7~9	滚压、金刚石挤压		6~9
	高速镗	7~8			

注：孔加工精度与工具的制造精度有关。

表 1-3 断面加工的经济精度

加工方法		直径/mm			
		≤50	>50~120	>120~260	>260~500
车削	粗	0.15	0.20	0.25	0.40
	精	0.07	0.10	0.13	0.20
磨削	普通	0.03	0.04	0.05	0.07
	精密	0.02	0.025	0.03	0.035

注：指端面至基准的尺寸精度。

表 1-4 齿轮加工的经济精度

加工方法	精度等级(IT)	加工方法	精度等级(IT)
多头滚刀滚齿($m=1\sim 20\text{mm}$)	8~10	直齿锥齿轮刨齿	8
单头滚刀滚齿($m=1\sim 20\text{mm}$)	6~8	螺旋锥齿轮刀盘铣齿	8
圆盘形插齿刀插齿($m=1\sim 20\text{mm}$)	6~8	蜗轮模数滚刀滚蜗轮	8
圆盘形剃齿刀剃齿($m=1\sim 20\text{mm}$)	5~7	热轧齿轮($m=2\sim 8\text{mm}$)	8~9
珩齿	6~7	热轧后冷校齿轮($m=2\sim 8\text{mm}$)	7~8
磨齿	5~6	冷轧齿轮($m\leq 1.5\text{mm}$)	7

表 1-5 花键加工的尺寸经济精度

mm

花键的最大直径	轴				孔			
	用磨削的滚铣刀铣削		成形磨		拉削		推削	
	精度				热处理前精度			
	花键宽	底圆直径	花键宽	底圆直径	花键圆	底圆直径	花键圆	底圆直径
18~30	0.025	0.05	0.013	0.027	0.013	0.018	0.008	0.012
>30~50	0.040	0.075	0.015	0.032	0.016	0.026	0.009	0.015
>50~80	0.050	0.01	0.017	0.042	0.016	0.030	0.012	0.019
>80~120	0.075	0.125	0.019	0.045	0.019	0.035	0.012	0.023

表 1-6 米制螺纹加工的经济精度

加工方法		精度等级	公差带	加工方法	精度等级	公差带
车削	外螺纹	1~2	4h~6h	用圆板牙加工外螺纹	2~3	6h~8h
	内螺纹	2~3	5H、6H、7H	梳形螺纹铣刀	2~3	6h~8h
用梳形刀车螺纹	外螺纹	1~2	4h~6h	旋风切削	2~3	6h~8h
	内螺纹	2~3	5H、6H、7H	搓丝板搓螺纹	2	6h
用丝锥攻内螺纹		1~3	4H、5H~7H	滚丝模滚螺纹	1~3	4h~6h

表 1-7 各种加工方法所能达到的公差等级

加工方法		公差精度等级(IT)		加工方法		公差精度等级(IT)	
		经济的精度等级	可达的精度等级			经济的精度等级	可达的精度等级
车	粗	7~8	2	铰	精	4	1
	精	6~7			细	2~3	
	细	3~4		镗	粗	6~7	1
铣	精	6~8	精		3~5		
	粗	5	细		2		
	细	3~4	磨	粗	4	1	
刨	精	6~8		精	3		
	粗	5		细	2		
	细	4					
钻	无钻模	7	4	拉削	粗 ^①	5~7	2
	有钻模	6			精	3~4	
	扩钻	5~6			细	2~3	
冷压	冲裁	8	3~4	切螺纹	车削	2~3	2
	踏弯	10	5~6		丝锥		
	拉伸	9~10	5~6		板牙	3	1
	挤压	5	2		碾压	2	
粉末冶金		5~7	3	塑料压制		8~9	6~7

①一般冷拔型钢的公差等级。

表 1-8 表面光洁度的等级、表面特征、加工方法和应用举例

表面光洁度		表面特征	主要加工方法	应用举例
名称	等级			
粗面	1	明显可见刀痕	粗车、粗铣、粗刨、钻	为光洁度最低的加工面，一般很少应用
	2	可见刀痕	用粗纹锉刀和粗砂轮加工	
	3	微见刀痕	粗车、刨、立铣、平铣、钻	不接触表面、不重要的接触面，如螺丝孔、倒角、机座底面等
半光面	4	可见加工痕	精车、精铣、精刨、铰、镗、粗磨等	没有相对运动的零件接触面，如想、盖、套筒
	5	微见加工痕		要求紧贴的表面、键和键槽工作表面，相对运动速度不高的接触面，如支架孔、衬套、带轮轴孔的工作面
	6	看不见加工痕		

续表

表面光洁度		表面特征	主要加工方法	应用举例
名称	等级			
光面	7	可辨加工痕迹方向	精车、精铰、精拉、精镗、精磨等	要求很好的密合接触面，如与滚动轴承配合的表面、锥销孔等；相对运动速度很高的接触面，如滑动轴承的配合表面、齿轮轮齿的工作表面等
	8	微变加工痕迹方向		
	9	不可辨加工痕迹方向		
最光面	10	暗光泽面	研磨、抛光、超级精细研磨等	精密量具的表面，极重要零件的摩擦面，如气缸的内表面、精密车床主轴径等
	11	亮光泽面		
	12	镜状光泽面		
	13	雾状光泽面		
	14	镜面		

注：各种绝缘零件机加工表面的光洁度规定在 3~6 之间。

1.4 汽车制造专业的工艺文件

工艺文件是指以一定的格式文件的形式确定下来以便贯彻执行的全部资料的总称，按其作用可分为工艺规程和管理用工艺文件两类，工艺规程是管理用工艺文件的基础和依据，管理用工艺文件是工艺规程得以实施的保证，具体见表 1-9。

表 1-9 机械加工的主要工艺文件

分类	包含内容	分类	包含内容
工艺规程	工艺过程卡	管理用工艺文件	工艺分工路线图
	工艺卡		各类工具一览表(清单、草案)，更改通知书
	工序卡		专用工装设计任务书
	机床调整卡		专用设备设计任务书
	检验工序卡		工艺更改通知书
	工艺附图		工艺技术问题联系单
	工艺手则		毛坯图
			工厂设计说明书
			工艺设备平面布局图

由于各汽车制造企业具体情况不同，在实际生产中，还应结合具体情况作适当的增减，对工艺文件格式，也可以根据需要自行制定。

1.4.1 工艺规程

工艺规程是把比较合理的工艺过程确定下来后，按一定的格式（通常是表格或图表）和要求写成文件形式要求企业有关人员必须严格执行的指令性文件，称为工艺规程。工艺规程一般包括：工件加工工艺路线及所经过的车间和工段；各工序的内容及所采用的机床和工艺装备；工作的检验方法；切削用量；工时定额及工人技术等级等。

机械加工工艺规程是以卡片形式出现的文件。机械加工工艺规程是规定零件制造生产工艺过程和操作方法的工艺文件，是总结生产实践经验，结合先进制造生产工艺技术和具体生产条件，在合理的工艺理论和必要的生产工艺试验基础上，制定并指导生产组织、生产管

理、工艺管理和生产操作等的技术文件。

(1) 工艺规程的作用

① 工艺规程是指导生产的主要技术文件 合理的工艺规程是在长期的生产实践和科学试验的基础上,结合具体生产条件而制定的,运用工艺理论,进行科学的理论分析和运算,并在生产实践过程中不断地加以改进和完善。生产中必须严格执行既定的生产规程,否则,有可能引起产品质量严重下降,生产效率急剧降低,更严重的将使生产陷入混乱状态。但是工艺规程也不是固定不变的,由于生产的发展和科学技术的进步,新工艺、新材料的不断出现,因此工艺人员应该不断总结工人的革新创造,吸取合理化建议、技术革新成果、新技术、新工艺和国内外的先进工艺技术,对现有工艺不断改进和完善发展,以便于更好地发挥其作用。

② 工艺规程是组织和管理生产的基本依据 在产品投入生产前,可依据工艺规程确定生产加工的具体过程 and 操作方法,进行必要的技术准备和生产准备工作。产品生产过程中,企业生产计划和调度部门可根据工艺规程安排零件的投料时间和数量、调整设备负荷,生产调度、工时考核按工时定额有节奏地进行生产,调整、检验生产零部件的具体过程 and 操作方法,确保产品合格。工艺规程使整个企业的各科室、车间工段和工作地紧密配合,均衡地完成生产计划。

③ 工艺规程是新建、扩建或改建工厂或车间的基本技术资料 在新建、扩建或改建工厂或车间时,根据工艺规程和生产纲领,可以统计出应配备的机床和设备的种类、规格和数量,同时还能确定机床和设备的布置和动力配置,然后计算出所需车间的面积和工人数量、工种和等级。确定车间的平面布置和厂房基建的具体要求,从而拟定出可行的计划。

④ 工艺规程是进行技术交流的重要手段 技术先进、经济合理的加工工艺可通过工艺规程进行交流,以便于推广先进经验,提高工艺技术水平,这对整个行业技术水平的提高有重要的意义。

(2) 制定工艺规程的原则

制定工艺规程的原则是在一定的生产条件下,在规定的期间内,应以最少的劳动量和最低的成本,可靠地加工出符合图样及技术要求的零件。在设计制定工艺规程时应遵循以下原则。

① 技术上的先进性 在设计制定工艺规程时,要充分了解本行业国内外工艺技术的发展水平,通过必要的工艺试验,在能稳定而可靠地保证零件达到图纸的技术要求时,积极采用适用的先进工艺和工艺装备。

② 经济上的合理性 在一定的生产条件下,应该在可能会出现多种能保证零件技术要求的工艺方案里,通过核算及相互对比,选择经济上最合理的方案,使产品的能源、原材料消耗和成本最低,实现生产率和生产成本最经济合理。

③ 良好的劳动条件 在设计制定工艺规程时,要注意降低工人的劳动强度,采取机械化或自动化的措施,保障生产安全,创造良好、文明的劳动条件。

(3) 制定工艺规程所需原始材料

在制定工艺规程时,通常应具备的原始资料如下。

① 产品全套装配图和零件的工作图。

② 产品验收的质量标准和交货状态。

③ 产品生产纲领(年产量及品种)。

④ 毛坯资料:毛坯资料包括各种毛坯制造方法的技术经济特征;各种钢材型号的品种和规格;毛坯图等。在无毛坯图的情况下,需要实地了解毛坯的形状、尺寸及力学性能等。

⑤ 工厂(车间)现有的场地、设备等生产条件:只有通过考察现场的工作条件,才能使制定的工艺规程切实可行。在工厂(车间)要深入生产实际,了解毛坯的生产能力和技术水平;加