

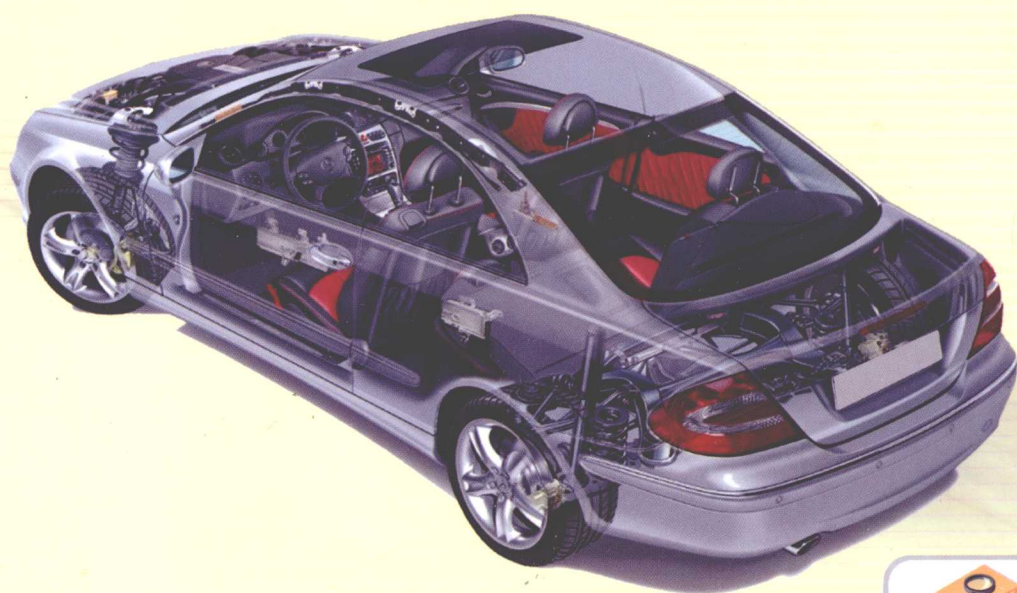
汽车类教学改革规划教材

汽车制造工艺学

QICHE ZHIZAO GONGYIXUE



◎ 宋新萍 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配电子课件

013025715

U466-43
05

汽车类教学改革规划教材

汽车制造工艺学

主 编 宋新萍
副主编 罗素云 商平君
参 编 李 燕 黎雪芬
主 审 倪森寿



机械工业出版社



北航

C1633751

U466-k3
05

013052712

本书以生产企业对汽车制造工艺的需求为基线,简化抽象、繁杂的理论,强化具体的工艺概念和工艺规程,能充分满足理论教学和实践教学的需要。

本书分为三篇,第一篇为汽车零件机械加工工艺的基本理论,第二篇为汽车零件机械加工和装配工艺的制订,第三篇为汽车制造工艺课程设计(机械加工和装配工艺实例)。三篇既可以独立成篇,又互为基础,从理论到实践,使学生逐步掌握汽车制造工艺学的基本理论知识并提高其实践运用能力,提高学生解决工程实际问题的能力,为学生从事车辆(汽车)设计和制造工艺工作奠定一定的工艺基础,并为后续的专业课程学习和相关的实践教学环节打下基础。

本书可作为高职高专院校、普通高校汽车类专业的教材,也可作为职大、成教类院校汽车工程类专业的教材。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

汽车制造工艺学/宋新萍主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-111-41279-3

I. ①汽… II. ①宋… III. ①汽车-生产工艺
IV. ①U466

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 015324 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张双国 责任编辑: 张双国

版式设计: 张 薇 责任校对: 李锦莉

责任印制: 张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·21 印张·518 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-41279-3

定价: 39.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

2009年,我国以1379万辆的汽车产量,首次成为全球第一汽车生产国,汽车工业已成为我国重要的支柱产业,但我国汽车企业仍然规模偏小,经济、技术实力很弱。我国要想从汽车制造大国走向汽车制造强国,必须实现汽车整车及其零部件产品的自主研发,才能保持汽车工业的长期繁荣与持续发展的国际竞争力。随着我国汽车保有量的不断增加和车型的日益丰富,对汽车零部件的需求也从专注于个别车型的某些零部件,发展为多车型全系列的零部件。现代先进制造技术、汽车零部件关键产品的研发、制造工艺技术等,对我国汽车在国际市场的竞争和发展,以及汽车制造业劳动力市场的发展,在现在以至将来都具有至关重要的作用。

本书由宋新萍任主编,罗素云、商平君任副主编,由倪森寿主审。宋新萍编写了绪论、第1章、第4章、第5章、第6章、第7章、第8章、第9章、习题汇总和附录,罗素云编写了第2章,商平君编写了第3章,李燕参加了第7章的编写,黎雪芬参加了第7章、第8章、第9章、习题汇总和附录的编写。

由于编者水平所限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第一篇 汽车零件机械加工工艺的基本理论	5
第1章 汽车零件机械加工工艺基本概念	5
1.1 机械加工工艺的基本知识	5
1.1.1 机械加工工艺过程及其组成	5
1.1.2 汽车产品的生产性质、生产纲领和生产类型	8
1.1.3 汽车零件的加工经济精度	11
1.2 汽车制造专业的工艺文件	14
1.2.1 工艺规程	14
1.2.2 管理用工艺文件	22
第2章 汽车零件的机械加工质量	23
2.1 汽车零件机械加工质量的基本知识	23
2.1.1 加工精度与加工误差	23
2.1.2 表面质量	23
2.2 保证零件机械加工精度的工艺方法	25
2.2.1 汽车零件对加工精度的要求	25
2.2.2 加工误差的影响因素	26
2.2.3 加工误差的综合分析	30
2.2.4 减少加工误差的方法	37
2.3 保证零件机械加工表面质量的工艺方法	40
2.3.1 表面质量对汽车零件性能的影响	40
2.3.2 表面质量的影响因素	41
2.3.3 提高零件机械加工表面质量的方法	45
第3章 汽车零件常用制造工艺基础知识	57
3.1 汽车零件毛坯制造工艺的基本知识	57
3.1.1 铸造	57
3.1.2 锻造	62
3.1.3 焊接	63
3.1.4 冲压	71
3.1.5 粉末冶金	73
3.1.6 塑料成型工艺	75
3.2 机械零件常用的机械加工方法	79
3.2.1 车削	80
3.2.2 钻削	84
3.2.3 铰削	86
3.2.4 铣削	87
3.2.5 拉削	91
3.2.6 镗削	92
3.2.7 刨削	94
3.2.8 磨削	96
3.2.9 光整	100
3.2.10 成组加工的生产组织形式	100
3.3 汽车车身制造工艺的基本知识	101
3.3.1 汽车车身制造工艺	101
3.3.2 汽车车身的生产制造特点	102
3.3.3 涂饰工艺	104
3.4 汽车制造过程中其他工艺的基本知识	108
3.4.1 热处理	108
3.4.2 装配	110
3.4.3 汽车试验	111
3.4.4 检验	112
第二篇 汽车零件机械加工和装配工艺的制订	114
第4章 汽车零件机械加工工艺规程的制订	114
4.1 毛坯	116
4.1.1 常见的毛坯种类	116
4.1.2 毛坯选择的原则	116
4.1.3 毛坯的形状及尺寸	116
4.2 基准	118
4.2.1 基准的概念及分类	118

4.2.2 工件定位基准的选择	121
4.3 加工路线及工艺装备的选择	123
4.3.1 表面加工方法的选择	124
4.3.2 加工阶段的划分	127
4.3.3 加工顺序的安排	128
4.3.4 工序集中和工序分散	128
4.3.5 设备及工艺装备的选择	129
4.4 加工余量的确定	130
4.4.1 加工余量的概念	130
4.4.2 影响加工余量的因素	131
4.4.3 确定加工余量的方法	132
4.5 工序尺寸的确定(工艺尺寸链的 计算)	132
4.5.1 工艺尺寸链的概念和组成	133
4.5.2 尺寸链的分类	134
4.5.3 尺寸链的建立与分析	136
4.5.4 工艺尺寸链的基本计算公式	137
4.5.5 尺寸链的计算类型及基本 步骤	141
4.5.6 工序尺寸及其公差计算	143
4.6 定位方案与夹具设计	151
4.6.1 工件的装夹	151
4.6.2 机床夹具的基础知识	153
4.6.3 工件在夹具中的定位	155
4.6.4 工件在夹具中的夹紧	183
4.6.5 现代机床夹具	191
4.7 机械加工生产线的平面布局	194
4.7.1 机械加工生产线的类型	194
4.7.2 机械加工生产线的工艺设计	195
4.7.3 机械加工生产线的平面布置	195
4.8 汽车零件机械加工工艺制订简例	199
第5章 汽车零件装配工艺的制订	204
5.1 概述	204
5.1.1 装配工艺特点	204
5.1.2 装配工作的主要内容	205
5.1.3 装配工作的组织形式	206
5.2 保证装配精度的装配方法	207
5.2.1 互换装配法	208
5.2.2 选择装配法	208
5.2.3 调整装配法	209
5.2.4 修配装配法	210
5.3 装配尺寸链	210
5.3.1 装配尺寸链的建立	210
5.3.2 装配尺寸链的解算	214
5.4 装配工艺过程的制订	220
5.4.1 制订装配工艺过程的原则与 所需的原始资料	220
5.4.2 制订装配工艺过程的步骤与 方法	221
第三篇 汽车制造工艺课程设计	226
第6章 汽车制造工艺课程设计	
总论	226
6.1 汽车制造工艺课程设计总则	226
6.2 课程设计的目的	226
6.3 课程设计的题目、内容及要求	227
6.3.1 课程设计的题目	227
6.3.2 课程设计的内容及要求	227
6.4 课程设计的任务书及参考文献	230
6.5 课程设计的进度安排及要求	231
6.6 课程设计的考核标准	231
6.7 汽车制造工艺课程设计最后上交的 资料	232
第7章 汽车零件机械加工工艺过程 制订实例	233
7.1 发动机连杆工艺设计目标	233
7.1.1 设计题目	233
7.1.2 连杆零件图及设计技术要求	233
7.2 对发动机连杆工艺设计的要求	234
7.3 发动机连杆工艺规程设计	234
7.3.1 连杆的生产类型和生产规模	234
7.3.2 连杆的工艺性	234
7.3.3 连杆的结构工艺性	235
7.3.4 连杆的主要技术要求	236
7.4 确定连杆毛坯	236
7.4.1 毛坯材料和制造方法	236
7.4.2 毛坯尺寸的确定	237
7.4.3 绘制连杆毛坯图	237
7.5 制订连杆机械加工工艺过程	238
7.5.1 定位基准的选择	238
7.5.2 制订连杆加工工艺路线	238
7.5.3 选择设备及工艺装备	240
7.6 完成连杆加工工艺的计算及工艺 文件	241
7.6.1 连杆机械加工余量和工序尺 寸的确定	241

7.6.2	切削用量的选择原则	242
7.6.3	计算切削用量	243
7.6.4	计算工时定额	247
7.6.5	编写工艺过程卡片和工序 卡片	248
7.7	发动机连杆精镗大、小头孔工序 的夹具设计	270
7.7.1	夹具设计的基础	270
7.7.2	夹具设计的分析	270
7.7.3	制订设计方案	270
7.8	绘制夹具装配总图	274
7.9	结论	275

第8章 汽车零件装配工艺制订

实例

8.1	发动机装配工艺过程	276
8.2	汽车总装配工艺过程	283

第9章 汽车制造工艺学课程设计

选题

附录

附录 A 习题

附录 B 机械制造部分工艺参数

参考文献

绪 论

一、汽车制造业对国民经济的影响

汽车是一种机、电、液、气多种技术高度综合的精密机械产品，汽车工业一方面需要十分广泛的配套产业，另一方面又是机床、铸造机械、锻造机械、焊接机械、电气、仪表和多种原材料的使用大户，因此汽车工业是产业关联度较高的一个产业。汽车工业的发展能够带动国家相关产业和出口产品的发展，是影响国家财政收入和税收的重要产业。发展汽车工业，是国民经济发展当中一个重要的战略，各个国家都把汽车工业作为国民经济的支柱产业。

1956年7月13日，第一辆国产解放牌 CA10 型 4t 载货汽车在第一汽车制造厂胜利下线，结束了我国不能制造汽车的历史。时至今日，经过几代人半个世纪的艰苦奋斗，中国汽车工业经历了创建、成长与全面发展的过程，建立了汽车制造与科研、专业教育和人才培养相结合的体系，形成了产品种类较齐全、生产能力不断提升、产品质量日益提高、市场用户持续拓展、营销服务网络建设完善的汽车工业体系。我国汽车制造业的整体实力虽然还不如欧洲和美国，但在全球的地位却在快速提升。

汽车工业对于我国国民经济的影响非常明显，汽车制造业的发展带来了就业，带来了民生，带来了人民消费水平的提高，带来了整个社会人民富裕程度的提高。在我国，汽车工业带来汽车工业以及相关产业 3700 万人的就业，占全国城镇就业人数的 12% 以上；汽车零售总额超过 48 万亿，汽车相关环节销售额也达到 2.98 万亿，占全国零售销售额的 27%。2008 年，我国汽车工业的增加值为 5800 多亿，占 GDP 的比重从 2000 年的 0.97% 上升到 1.94%，同时，汽车业相关产业增加值达到 2.49 万亿，占整个国民经济 GDP 的比重由原来的 3.73% 上升到 8.3%。2009 年，我国以 1379 万辆的产量，首次成为全球第一大汽车生产国。

二、汽车的制造过程

狭义地讲，汽车的制造过程是指把汽车原材料转变为汽车产品的全过程；广义地讲，汽车的制造过程是从产品设计开始到成品出厂的全过程。由于汽车零件精度高、结构复杂、产量高，对零部件的安全性、可靠性及零部件之间的互换性要求高，所以汽车制造业比其他机械制造业更具特点。

广义的汽车制造过程包括生产与技术的准备过程、基本生产过程、辅助生产过程和售后服务过程。

1. 生产与技术的准备过程

生产与技术的准备过程是基本生产过程的前提，是指汽车产品投入生产前所进行的各种

2. 基本生产过程

图 0-1 汽车产品的基本生产过程

3. 辅助生产过程

4. 生产服务过程

汽车行业一般以汽车整车制造企业为核心，几十家汽车零部件制造企业围绕，呈现出“众星拱月、航母编队”的发展态势。汽车整车企业的全部零部件供应，除了发动机，百分之七八十的零部件都是由汽车零部件制造企业完成配套。从亨利·福特开始设计和生产 T 型车到今天已有 100 多年了，他所倡导的汽车设计和生产的“3S”原则，即标准化（Standardization）、简单化（Simplification）和专业化（Specialization）；“4M”原则，即人和劳力（Man）原则、机器（Machine）原则、材料（Material）原则和工艺方法（Method）原则，变革汽车的生产方式，调动工人积极性，降低生产成本，提高产品质量，提高生产效率，实

现了汽车设计和生产的专业化。

三、中国的汽车制造业任重而道远

中国汽车产业总体规模虽然大,但不强且集中度极低。据中国汽车工业协会统计,2009年全国汽车企业(集团)数量为79家。前4家企业(集团)的产业集中度为61.7%,前10家企业(集团)的产业集中度为87.2%。中国汽车工业17家重点企业(集团)2009年营业额累计为15128亿元人民币(约合2213亿美元),而日本丰田公司2007财年(2007年4月至2008年3月)实现营业收入2624亿美元;中国汽车工业17家重点企业(集团)2009年利润总额累计为1173亿元人民币(约合171亿美元),而日本丰田公司2007财年净盈利171亿美元。中国最大的汽车企业上汽集团2009年的汽车销量为270万辆,这还包括了合资企业外方品牌的产品,如果仅计算自主品牌销量,上汽集团的销量为118万辆,而日本铃木公司2009年的汽车销量为230.8万辆。

从国际汽车市场分析,发达国家正在设置更高的汽车产品技术壁垒和环境壁垒,以占领发展中国家的市场并保护本国的市场。尽管发达国家的企业也向发展中国家转移某些技术,但是大多数发展中国家并不能得到他们所需要的技术,如汽车新产品研发技术、关键系统总成制造技术等。长此以往,发展中国家在汽车市场竞争中将会长期处于不利地位。

同时,发达国家在实现汽车工业现代化之后,正积极运用信息技术改造自己的汽车工业,使得他们的汽车工业日益信息化、知识化。所以对尚未实现汽车工业现代化的广大发展中国家而言,同时还面临着汽车工业信息化、知识化的挑战。

虽然中国汽车产量2009年达到全球第一,但目前中国的汽车企业仍然规模偏小,经济、技术实力很弱,很难应对跨国垄断集团的强有力挑战。

未来汽车产业的竞争将不仅局限于整车厂与整车厂之间的竞争,而是整个汽车零部件制造商、供应链等之间的竞争。所有汽车制造商都在寻求降低成本,提升效率,增强企业竞争力的方法。

从当今经济全球化的进程来看,我国要想真正从汽车制造大国迈向汽车制造强国,必将继续奋进、抓住机遇、与时俱进、同国际接轨、提高国际竞争力,才能屹立于世界汽车工业之林。

四、汽车制造工艺人员的根本任务

汽车工业是技术密集型产业,在生产中应用了各种高技术。在从原材料进厂到产品出厂的整个生产过程中,都离不开工艺。汽车生产的工艺过程十分复杂,是包括生产准备、原材料供应、制造工艺、计划管理、生产计划调度、组织劳动生产、产品检验与测试等整个生产过程的多方面统一体,汽车的生产工艺是对整个汽车生产过程的正确表述,其核心是汽车制造工艺。汽车制造工艺是企业生产的基础,它直接影响着产品的质量、生产效率、企业的有序运作和经济效益。在保证汽车产品质量的前提下,降低生产成本,同时提高劳动生产率,是研究汽车制造工艺的出发点,也是汽车制造工艺人员的根本任务。

学习和研究汽车制造工艺学的目的就是完成了上述根本任务。对于工艺人员,重点是

要研究保证汽车零件加工精度和表面质量的方法,同时研究如何制订工艺方案,其中包括零件加工方法的选择、零件加工余量和工序尺寸的确定、零件基准的选择、工序的安排以及设备与工装的选择等。

工艺理论和工艺方法的运用灵活性很大,因此在掌握基础理论和方法后,对实际应用中的具体情况、具体问题具体分析,本着优质、高产、低耗的原则,在生产中正确运用工艺理论和工艺方法,在生产中不断提高工艺人员的工艺水平。

汽车制造工艺学是汽车制造业工艺的核心,但并不是制造工艺工作的全部。工艺人员不但要能熟练地制订工艺,还要有相应的管理知识和能力;有相关专业的技术知识,即要有一定的铸造、锻压、热处理等专业知识,有工具、夹具设计与制造、机床维修及数控技术等方面的知识,并能经常在生产中调研、总结,密切关注国内外汽车制造企业的先进制造工艺及技术动态等,才能成为具有较强能力的合格工艺人员。

第一篇 汽车零件机械加工工艺的基本理论

第1章 汽车零件机械加工工艺基本概念

1.1 机械加工工艺的基本知识

1.1.1 机械加工工艺过程及其组成

1. 机械加工工艺过程的基本概念

在生产过程中按一定顺序逐渐改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等，使其成为（预期）成品或半成品的方法和具体过程，称为工艺过程。在汽车产品的制造生产中，其工艺过程包括毛坯（铸件、锻件等）的生产工艺过程、热处理工艺过程、机械零件的机械加工工艺过程、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）或部件及汽车产品的调试、装配工艺和检验工艺过程等。

机械加工和装配等工艺过程都由若干道按一定顺序排列的工序组成。下面以机械加工工艺过程为例说明工艺过程的组成。

2. 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由若干个顺序排列的工序组成的，而工序又可分为若干个安装、工位、工步和进给，前者包含后者。

（1）工序 工序是指一个工人或一组工人在一台机床或一个工作场地，同时对一个或几个工件进行连续加工，所完成的那一部分工艺过程，期间可能要经过几次安装。区分工序的主要依据是工作场地（或设备）是否变动和完成的那部分工艺内容是否连续。

工序是组成工艺过程的基本单元，不仅能够反映加工的阶段性，而且也是制订时间定额、工人配备、作业安排和质量检验等的基本单元。

例如，在车床上加工一批轴，既可以对每一根轴连续地进行粗加工和精加工，也可以先对整批轴进行粗加工，然后再依次对它们进行精加工。在第一种情形下，由于加工场地不变且工作连续，所以加工只包括一个工序，属于工序集中；而在第二种情形下，虽然加工是在同一台机床上进行的，由于加工过程的连续性中断，就变成为粗、精加工两个工序，相对第一种情形属于工序分散。

工序集中就是将工件加工内容集中在少数几道工序内完成，每道工序的加工内容较多。工序集中的特点包括以下几个方面。

1) 减少工件安装次数，在一次安装中完成零件多个表面的加工，保证产品的相互位置

精度。

- 2) 减少工序数目, 缩短工艺路线, 简化生产计划工作。
- 3) 机床数量少, 节省车间面积, 简化生产计划和生产组织工作。
- 4) 操作工人较少, 工人操作技术要求较高。
- 5) 专用机床和工艺设备成本高, 调整维修费时费事, 生产准备工作量大。
- 6) 适用于单件生产。

工序分散就是将工件加工内容分散在较多的工序中进行, 每道工序的加工内容较少, 最少时每道工序只包含一个简单工步。工序分散的特点包括以下几个方面。

- 1) 每台机床只完成一个工步, 易于组织流水生产。
- 2) 机床设备及工艺装备简单, 生产准备工作量少, 便于平衡工序时间。
- 3) 设备数量多, 占用场地大, 生产计划和生产组织工作较复杂。
- 4) 操作工人较多, 工人操作技术要求较低。
- 5) 采用结构简单的高效机床和工装, 易于调整。
- 6) 适用于批量生产, 尤其是汽车零件的流水线批量生产。

在实际生产中, 工序集中、工序分散的合理设计要根据实际生产中企业的生产类型、企业的生产能力、工件结构特点和技术要求、工人技术水平、生产成本和品质要求等进行综合分析, 择优选用。

单件小批生产采用工序集中, 可以简化生产计划和组织工作; 对于大(重)型工件, 为了减少工件装卸和运输的劳动量, 工序也应适当集中; 对于汽车零件这种大批大量生产的产品, 可将工序分散后组织流水生产; 对一些结构简单的产品, 如轴承和刚性较差、精度较高的精密零件, 工序应适当分散。

(2) 安装 在一个工序中, 工件在机床或夹具中一次装夹(即每定位和夹紧一次)所完成的那部分工序内容, 称为一个安装。在一道工序中可以有一个或多个安装。

例如, 在车床上加工轴, 先从一端加工出部分表面, 然后掉头再加工另一端, 这时的工序内容就包括两个安装。

(3) 工位 在工件的一次安装中, 通过分度或移位装置, 使工件相对于机床床身变换加工位置, 把每一个加工位置上的安装内容称为一个工位。每一个安装可能包含一个或几个工位。

图 1-1 所示为一回转工作台(多工位回转工作台)加工孔, 钻、扩、铰各为一个加工内容, 装夹一次产生一个合格的零件。该安装加工共有 4 个工位: 工位 1 为装卸工件、工位 2 为钻孔、工位 3 为扩孔、工位 4 为铰孔。

(4) 工步 为了详细分析和描述工序的内容, 工序还可以进一步划分到工步。工步是指加工表面和加工工具不变的情况下, 所连续完成的那一部分工序。一个工序可以包含几个工步, 也可以只有一个工步。

(5) 进给 在一个工步内, 若被加工表面即材料层需被切去的金属层很厚, 需分几次切削去除, 则每进行

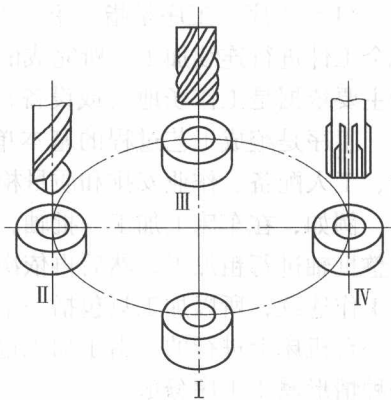


图 1-1 多工位加工孔

工位 1—装卸工件 工位 2—钻孔
工位 3—扩孔 工位 4—铰孔

一次切削就是一次进给，生产中也常称为“走刀”。一个工步可以包括一次进给或几次进给。例如，轴类零件如果要切去的金属层很厚，则需分几次切削，这时每切削一次就称为一次进给。

为了提高生产率，常采用多工位、多刀或多面同时加工，也可看作一个工步，这就称为复合工步。如图 1-2 所示，在组合钻床上加工多孔箱体孔，零件上 4 个 $\phi 8$ 孔的钻削，可以作为一个工步，即钻 $4 \times \phi 8$ 为一个复合工步。

综上所述，一个工件的机械加工工艺过程，通常要由若干道顺序完成的工序组成。其中工序是组成工艺过程的最基本单元。在一个工序中可能包含有一个或几个安装，每一个安装可能包含一个或几个工位，每一个工位可能包含一个或几个工步，每一个工步可能包含一次或几次进给。

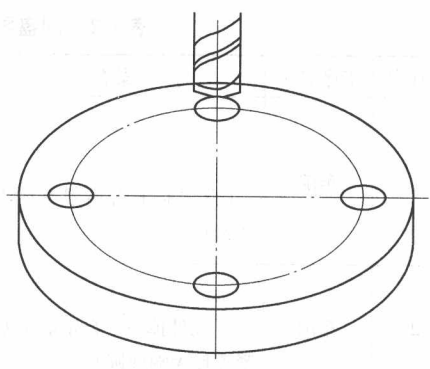


图 1-2 钻削圆盘形工件上的四个 $\phi 8$ 孔

例 1-1 如图 1-3 所示的圆盘零件，设计其单件小批及成批生产时的加工工艺过程。

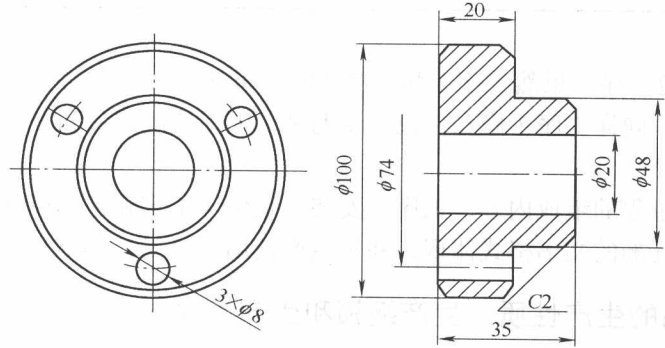


图 1-3 圆盘零件

解 单件小批生产时加工工艺过程见表 1-1，成批生产时加工工艺过程见表 1-2。

表 1-1 圆盘零件机械加工工艺过程（单件生产）

工序号	工序名称	安装	工步	工序内容	进给	设备
1	车削	Ⅰ (自定心卡盘夹紧毛坯小端外圆)	1	车大端端面	—	车床
			2	车大端外圆到 $\phi 100\text{mm}$	—	
			3	钻 $\phi 20\text{mm}$ 孔	—	
			4	倒角	—	
		Ⅱ (工件掉头，自定心卡盘夹紧毛坯大端外圆)	5	车小端端面，保证尺寸 35mm	—	
			6	车小端外圆到 $\phi 48\text{mm}$ ，保证尺寸 20mm	—	
			7	倒角	—	
2	钻削	Ⅰ (钻床夹具装夹工件)	1	依次加工三个 $\phi 8\text{mm}$ 孔	—	钻床
			2	在夹具中修去孔口的锐边及毛刺	—	

由表 1-1 可知, 该零件的机械加工分车削和钻削两道工序, 因为两者的操作工人、机床及加工的连续性均已发生了变化。而在车削加工工序中, 虽然含有多个加工表面和多种加工方法 (如车、钻等), 但由于其划分工序的要素未改变, 故仍属同一工序。

表 1-2 圆盘零件机械加工工艺过程 (批量生产)

工序号	工序名称	安装	工步	工序内容	进给	设备
1	车削	I (自定心卡盘夹紧毛坯小端外圆)	1	车大端端面	—	车床
			2	车大端外圆到 $\phi 100\text{mm}$	—	
			3	钻 $\phi 20\text{mm}$ 孔	—	
			4	倒角	—	
2	车削	I (工件掉头, 自定心卡盘夹紧毛坯大端外圆)	1	车小端端面, 保证尺寸 35mm	—	车床
			2	车小端外圆到 $\phi 48\text{mm}$, 保证尺寸 20mm	—	
			3	倒角	—	
3	钻削	I (钻床夹具装夹工件)	1	依次加工三个 $\phi 8\text{mm}$ 孔	—	钻床
4	钳	I	1	修去孔口的锐边及毛刺		钳工台

表 1-2 分为四道工序。虽然工序 1 和工序 2 同为车削, 但由于加工连续性已变化, 因此应该设定两道工序; 同样工序 4 修孔口锐边及毛刺, 因为使用设备和工作地均已变化, 所以也应作为另一道工序。

机械加工工艺过程的组成内容, 工序、安装、工位、工步和进给最终都在机械加工工艺规程中以符合企业标准的文书格式体现, 并供生产使用。

1.1.2 汽车产品的生产性质、生产纲领和生产类型

1. 汽车产品的生产性质

(1) 产品试制 产品试制是为了生产出少量样车 (或汽车新零件) 来验证新设计的汽车产品的性能和可靠性而进行的生产。汽车新产品的试制要反复进行, 少则 2~3 轮, 多则 3~5 轮。

(2) 试生产 试生产是指按生产准备布置, 模拟大批量的生产方式进行生产, 用以验证生产准备中产品设计、工艺设计、机床设备及工艺装备等的完善程度, 同时进行工艺文件的修订和人员的培训。试生产安排在大批量生产前, 要进行数次, 以使生产线达到设计能力, 使产品质量得到保证。

(3) 正式生产 正式生产是指必须按生产设计、工艺文件进行的正常生产。

2. 汽车产品的生产纲领

汽车生产企业在计划期内 (常指一年) 生产的汽车总量称为汽车产品的生产纲领 (Q)。

汽车零件的年生产纲领 N 可按下列式计算

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

式中 N ——汽车零件的年生产纲领 (件/年);

Q ——汽车产品的年生产纲领（台/年）；

n ——每台汽车产品中该零件的数量（件/台）；

$a\%$ ——汽车零部件的备品率，是指用于维修的备件数占装车件数的比例；

$b\%$ ——汽车零部件的废品率，是指废品件数占投入生产件数的比例。

生产纲领的大小对生产组织形式和零件加工过程起着重要的作用，它决定了生产的规划及工序的专业化和自动化程度，决定了所应选用的工艺方法和工艺装备。工艺规程的详细程度与生产类型有关，不同的生产类型由产品的年生产纲领即年产量区别。

3. 汽车产品的生产类型及工艺特征

汽车产品的销售、汽车企业的生产能力等多种因素决定了汽车零部件的年生产纲领，从而决定了汽车零部件不同的生产类型（即生产规模）。汽车零部件的生产类型不同，相应的制造工艺方法、工艺特征、工艺装备以及生产的组织形式等也不同。

（1）生产类型 通常，按照汽车零部件的年生产纲领，即生产企业的生产专业化程度，把汽车产品和汽车零部件的生产类型划分为单件生产、成批生产（每批生产的数量称为批量）和大量生产三种类型。汽车制造企业生产类型与产量之间的关系，见表1-3。

表1-3 汽车制造企业生产类型与产量之间的关系

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

1) 单件生产。企业工作场地的加工品种频繁地改变、不重复或很少重复加工相同结构、尺寸的零件，称为单件生产。单件生产的基本特点是：生产的汽车零部件种类繁多，每种产品的产量很少，而且很少重复生产。如汽车新产品的试制就属于单件生产。单件小批生产应采用通用设备和工艺装备，也可选用先进的数控机床，以降低生产成本。

2) 成批生产。企业工作场地的生产呈周期性重复，常年分批、轮换着制造若干种不同的汽车零部件，称为成批生产。成批生产的基本特点是：分批地生产相同的汽车零部件，生产呈周期性重复。成批生产又可按其批量大小分为小批生产、中批生产和大批生产三种类型。其中，小批生产和大批生产的工艺特点分别与单件生产和大量生产的工艺特点类似，中批生产的工艺特点介于小批生产和大批生产之间。

3) 大量生产。汽车产品或零件的生产纲领很大，企业工作场地常年按一定的时间定额，重复地进行某一零件的某一工序的生产，称为大量生产。大量生产的基本特点是：产量大、品种单一，企业工作场地长期重复地进行某个汽车零部件的某一道工序的加工。例如，一般轿车的正常制造生产都属于大量生产。大批大量生产应尽可能采用高效率的设备和工艺方法，以提高生产率。

（2）不同生产类型机械加工的工艺特征 为了提高企业生产效益，不同生产类型的企业，采取不同的工艺过程，即不同的生产组织形式、不同的生产设备、不同的工艺装备等。

表 1-4 列举了三种生产类型所对应的工艺过程的特点。

表 1-4 汽车制造业不同生产类型的工艺过程特点

项目	大量生产	成批生产	单件生产
加工对象	固定不变	周期性变化	经常变化
机床	专用、高效机床、组合机床、自动或半自动生产线	通用或专用机床、数控机床或可调自动线	通用机床
机床布置	自动流水线布置	成组流水线布置	机群式布置
工艺装备	专用、高效夹具，复合刀具，成形刀具	通用或专用工装、部分高效率刀具、量具	标准夹具、刀具、量具、辅具
毛坯制造	金属型、机械造型、精密铸、压铸、模锻、粉末冶金	部分金属型铸造、模锻	木模手工造型、自由锻
调整方法	调整法、自动控制法	部分试切法	试切法
安装方法	全部用夹具安装法	部分用夹具、部分划线找正	划线或直接找正
工人技术水平	不高	一般	高
制造特点	集成制造系统、主动测量	成组技术、柔性制造系统	加工中心、数控机床
工艺文件	详细、齐全	比较详细	简单

汽车零件因结构特征、质量要求及年生产纲领的不同，具有不同的生产类型。在汽车制造企业中，经常根据工序专业化程度确定零件的生产类型。工序专业化程度可根据每台设备或工作场地完成的工序数目或节拍等确定。表 1-5 所列为由设备或工作场地担负的工序数目和节拍确定生产类型的参考数据。

表 1-5 确定生产类型的参考数据

生产类型 \ 工序及生产节拍	设备或工作场地完成的工序数目	生产节拍/min
大量生产	1 ~ 2	< 5
大批生产	2 ~ 10	5 ~ 15
中批生产	10 ~ 20	15 ~ 60
小批生产	20 ~ 40	> 60

汽车流水线零件的生产节拍是指一条生产线上相继完成两件产品生产之间的时间间隔。节拍 T （单位为 min）可按下式计算

$$T = \frac{60H\eta}{N} \quad (1-2)$$

式中 T ——汽车流水线零件的生产节拍（min）；

H ——汽车流水线的年有效生产工作时间（h）；

η ——工时利用率；

N ——汽车零件的年生产纲领（件/年）。

在生产类型为大量生产的汽车制造企业，由于要求流水生产线均衡生产，所以工件按工