



国防特色教材·职业教育

# 特种机械加工技术

( 弹 箭 类 )

TEZHONG JIXIE JIAGONG JISHU

刘红普 主 编 张晓妍 副主编

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

北京航空航天大学出版社 哈尔滨工程大学出版社  
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·职业教育

# 特种机械加工技术（弹箭类）

刘红普 主 编  
张晓妍 副主编

**北京理工大学出版社**

北京航空航天大学出版社 哈尔滨工程大学出版社  
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社

## 内容简介

本书深入浅出,图文并茂地介绍了特种机械制造工艺的基本理论和工艺方法。全书共9章,分别是:概述,工件的装夹及夹具设计,弹箭零件机械加工工艺规程的制订,弹箭零件的机械加工精度,零件机械加工表面质量,深孔加工,机械装配工艺基础,弹箭零件在加工过程中的试验,现代制造技术。

本书可作为高职高专、各类成人教育机械制造及相关专业教材或培训用书,也可供相关技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

特种机械加工技术:弹箭类/刘红普主编. —北京:北京理工大学出版社, 2010.1  
国防特色教材·职业教育  
ISBN 978-7-5640-2896-1

I. 特… II. 刘… III. ①导弹-零部件-机械加工-高等学校:技术学校-教材②火箭-零部件-机械加工-高等学校:技术学校-教材 IV. TJ7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 194032 号

## 特种机械加工技术 (弹箭类)

刘红普 主编  
责任编辑 张慧峰

\*

北京理工大学出版社出版发行

北京市海淀区中关村南大街5号(100081) 发行部电话:010-68944990 传真:010-68944450

<http://www.bitpress.com.cn>

北京圣瑞伦印刷厂印刷 全国各地新华书店经销

\*

开本:787毫米×960毫米 1/16 印张:22.25 字数:455千字

2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷 印数:1—3000册

ISBN 978-7-5640-2896-1 定价:56.00元

# 前 言

为了适应国防科技工业高等职业教育的特点和培养目标,进一步提高学生综合应用知识的能力,在教学过程中有效地培养学生综合应用工艺理论和夹具设计原理解决生产实际问题,我们编写了《特种机械加工技术》教材。本书在编写过程中注重体现军工专业特色,注重精选内容,突出重点,突出适用性,强调基本理论及其在实践中的应用,注重学生能力的培养,重视理论联系实际,使理论和实践有机结合,注重应用,力求做到文字叙述简明扼要、通俗易懂,便于自学。加强校企合作,企业工程技术人员参与,共同编写。

本书由河南工业职业技术学院刘红普担任主编,河南工业职业技术学院张晓妍担任副主编。全书共分为9章,第1章为概述,第2章为工件的装夹及夹具设计,第3章为弹箭零件机械加工工艺规程的制订,第4章为弹箭零件的机械加工精度,第5章为零件机械加工表面质量,第6章为深孔加工,第7章为机械装配工艺基础,第8章为弹箭零件在加工过程中的试验,第9章为现代制造技术。其中,绪论、第1章的1.1至1.4、第3章的3.1至3.9由刘红普编写;第2章的2.1至2.4、第5章、第9章由张晓妍编写;第1章的1.5、第2章的2.5、第3章的3.10、第8章由河南北方红阳工业工业有限公司田宏军编写;第4章由河南工业职业技术学院刘云豫编写;第6章由南阳市东佳机械厂张珂瑜编写;第7章由河南工业职业技术学院苏静编写。

在本书的编写过程中,参阅了大量的资料、文献和图片,在此,特向参考文献的原作者表示衷心地感谢。

由于水平有限,加之本教材所涉及的理论与实际问题非常广泛,书中难免有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 绪论                     | 1  |
| 第 1 章 概述               | 3  |
| 1.1 基本概念               | 3  |
| 1.1.1 生产过程和工艺过程        | 3  |
| 1.1.2 工艺过程的组成          | 3  |
| 1.1.3 生产纲领与生产类型        | 6  |
| 1.1.4 工艺系统的组成          | 8  |
| 1.1.5 获得加工精度的方法        | 8  |
| 1.2 基准                 | 10 |
| 1.2.1 设计基准             | 10 |
| 1.2.2 工艺基准             | 10 |
| 1.3 尺寸链                | 11 |
| 1.3.1 尺寸链概念            | 12 |
| 1.3.2 工艺尺寸链的建立         | 13 |
| 1.3.3 工艺尺寸链计算的基本公式     | 15 |
| 1.4 机械加工生产率和技术经济分析     | 17 |
| 1.4.1 机械加工生产率分析        | 17 |
| 1.4.2 工艺过程的技术经济分析      | 21 |
| 1.5 制造弹箭零件用的材料及毛坯种类的选择 | 23 |
| 1.5.1 制造弹箭零件的黑色金属材料    | 24 |
| 1.5.2 制造弹箭零件的有色金属材料    | 28 |
| 1.5.3 制造弹箭零件的其他材料      | 30 |
| 1.5.4 弹箭零件的毛坯种类及其选择    | 30 |
| 思考题与习题                 | 32 |
| 第 2 章 工件的装夹及夹具设计       | 34 |
| 2.1 机床夹具概述             | 34 |
| 2.1.1 机床夹具的功能          | 34 |
| 2.1.2 机床夹具的作用          | 35 |
| 2.1.3 机床夹具的分类          | 36 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 2.1.4 机床夹具的组成        | 37 |
| 2.2 工件的定位            | 38 |
| 2.2.1 工件定位的基本原理      | 38 |
| 2.2.2 工件的定位方式        | 39 |
| 2.2.3 定位方法及定位元件      | 45 |
| 2.2.4 定位误差分析和计算      | 54 |
| 2.2.5 工件以组合表面定位      | 58 |
| 2.2.6 定位装置设计实例       | 60 |
| 2.3 工件的夹紧            | 62 |
| 2.3.1 对夹紧装置的基本要求     | 62 |
| 2.3.2 夹紧装置的组成        | 63 |
| 2.3.3 夹紧力的确定原则       | 64 |
| 2.3.4 基本夹紧机构         | 67 |
| 2.3.5 夹紧机构设计实例       | 74 |
| 2.4 专用夹具的设计方法        | 76 |
| 2.4.1 夹具设计的要求        | 76 |
| 2.4.2 夹具的设计方法和步骤     | 77 |
| 2.4.3 夹具体的设计         | 78 |
| 2.4.4 夹具总图的主要尺寸和技术条件 | 80 |
| 2.5 弹箭零件机械加工用夹具      | 81 |
| 2.5.1 心轴式夹具          | 81 |
| 2.5.2 夹筒式夹具          | 82 |
| 2.5.3 弹簧卡头的设计        | 85 |
| 思考题与习题               | 87 |
| 第3章 弹箭零件机械加工工艺规程的制订  | 92 |
| 3.1 工艺规程             | 92 |
| 3.1.1 工艺规程的作用        | 92 |
| 3.1.2 制订工艺规程的原则      | 93 |
| 3.1.3 制订工艺规程的原始资料和步骤 | 93 |
| 3.1.4 工艺文件格式         | 94 |
| 3.2 零件图分析            | 96 |
| 3.2.1 零件结构及其工艺性分析    | 97 |
| 3.2.2 零件的技术要求分析      | 99 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 3.3 毛坯的确定                     | 99  |
| 3.3.1 毛坯的种类                   | 100 |
| 3.3.2 选择毛坯种类时应考虑的因素           | 100 |
| 3.3.3 确定毛坯的形状和尺寸              | 101 |
| 3.4 定位基准的选择                   | 103 |
| 3.4.1 粗基准选择                   | 103 |
| 3.4.2 精基准的选择                  | 105 |
| 3.4.3 辅助基准的应用                 | 106 |
| 3.5 工艺路线的拟定                   | 107 |
| 3.5.1 加工方法的选择                 | 107 |
| 3.5.2 加工阶段的划分                 | 111 |
| 3.5.3 工序集中与工序分散               | 112 |
| 3.5.4 加工顺序的安排                 | 113 |
| 3.6 加工余量的确定                   | 115 |
| 3.6.1 加工余量的概念                 | 115 |
| 3.6.2 影响加工余量的因素               | 117 |
| 3.6.3 加工余量的确定方法               | 118 |
| 3.7 工序尺寸及其公差的确                | 118 |
| 3.7.1 工序基准与设计基准重合时工序尺寸及其公差的计算 | 119 |
| 3.7.2 基准不重合时,工序尺寸及其公差的计算      | 120 |
| 3.8 选择机床与工艺装备                 | 124 |
| 3.8.1 机床的选择                   | 124 |
| 3.8.2 工艺装备的选择                 | 124 |
| 3.9 编写工艺文件                    | 125 |
| 3.10 弹箭零件机加工工艺过程及工序安排         | 126 |
| 3.10.1 弹箭零件机加工工艺过程            | 126 |
| 3.10.2 弹箭零件机加工工艺过程的阶段划分       | 130 |
| 3.10.3 弹体加工工序安排原则             | 131 |
| 3.10.4 工序的集中与分散               | 132 |
| 思考题与习题                        | 132 |
| 第4章 弹箭零件的机械加工精度               | 136 |
| 4.1 机械加工精度的含义及获得方法            | 136 |
| 4.1.1 零件的尺寸精度                 | 136 |

|            |                              |            |
|------------|------------------------------|------------|
| 4.1.2      | 零件的几何形状精度 .....              | 136        |
| 4.1.3      | 零件的位置精度 .....                | 137        |
| 4.2        | 工艺系统原始误差对机械加工精度的影响及其控制 ..... | 137        |
| 4.2.1      | 影响加工精度的因素 .....              | 137        |
| 4.2.2      | 原理误差 .....                   | 138        |
| 4.2.3      | 工艺系统的几何误差 .....              | 140        |
| 4.2.4      | 工艺系统的受力变形 .....              | 147        |
| 4.2.5      | 工艺系统热变形引起的加工误差 .....         | 161        |
| 4.3        | 加工误差的统计分析法 .....             | 166        |
| 4.3.1      | 加工误差的性质 .....                | 166        |
| 4.3.2      | 加工误差的统计分析法 .....             | 167        |
| 4.4        | 保证和提高机械加工精度的主要途径 .....       | 175        |
| 4.4.1      | 直接减少或消除误差法 .....             | 175        |
| 4.4.2      | 误差转移法 .....                  | 175        |
| 4.4.3      | 误差分组法 .....                  | 176        |
| 4.4.4      | 就地加工法 .....                  | 176        |
| 4.4.5      | 误差平均法 .....                  | 177        |
| 4.4.6      | 误差补偿法 .....                  | 177        |
| 4.4.7      | 控制误差法 .....                  | 178        |
| 4.5        | 火箭弹发动机主要零件的机械加工精度 .....      | 178        |
| 4.5.1      | 燃烧室的机械加工 .....               | 178        |
| 4.5.2      | 喷管的机械加工 .....                | 193        |
|            | 思考题与习题 .....                 | 203        |
| <b>第5章</b> | <b>零件机械加工表面质量</b> .....      | <b>205</b> |
| 5.1        | 机械加工表面质量概述 .....             | 205        |
| 5.1.1      | 机械加工表面质量的含义 .....            | 205        |
| 5.1.2      | 表面质量对零件使用性能的影响 .....         | 206        |
| 5.2        | 表面粗糙度及其降低的工艺措施 .....         | 208        |
| 5.2.1      | 影响切削加工表面粗糙度的工艺因素及降低措施 .....  | 208        |
| 5.2.2      | 影响磨削加工表面粗糙度的工艺因素及降低措施 .....  | 210        |
| 5.3        | 表面层物理、机械性能及其改善措施 .....       | 212        |
| 5.3.1      | 表面层残余应力 .....                | 212        |
| 5.3.2      | 表面层加工硬化 .....                | 214        |

---

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 5.3.3 表面层金相组织变化 .....         | 215        |
| 5.4 机械加工中的振动 .....            | 217        |
| 5.4.1 强迫振动 .....              | 218        |
| 5.4.2 自激振动 .....              | 219        |
| 思考题与习题 .....                  | 221        |
| <b>第6章 深孔加工</b> .....         | <b>223</b> |
| 6.1 深孔加工简介 .....              | 223        |
| 6.1.1 概述 .....                | 223        |
| 6.1.2 深孔加工的特点 .....           | 224        |
| 6.2 深孔加工系统 .....              | 224        |
| 6.2.1 CA6140 型普通车床 .....      | 224        |
| 6.2.2 镗床 .....                | 225        |
| 6.2.3 内圆磨床 .....              | 231        |
| 6.2.4 深孔钻床 .....              | 234        |
| 6.3 深孔钻 .....                 | 234        |
| 6.3.1 枪孔钻 .....               | 235        |
| 6.3.2 错齿内排屑深孔钻(BTA 深孔钻) ..... | 236        |
| 6.3.3 喷吸钻 .....               | 237        |
| 6.3.4 套料钻 .....               | 239        |
| 6.4 深孔零件的加工工艺 .....           | 240        |
| 6.4.1 概述 .....                | 240        |
| 6.4.2 零件的加工工艺 .....           | 241        |
| 6.5 深孔加工中的常见问题 .....          | 243        |
| 6.5.1 深孔加工中的常见问题 .....        | 243        |
| 6.5.2 深孔钻削过程监控技术 .....        | 243        |
| 思考题与习题 .....                  | 248        |
| <b>第7章 机械装配工艺基础</b> .....     | <b>249</b> |
| 7.1 概述 .....                  | 249        |
| 7.1.1 机械装配的概念 .....           | 249        |
| 7.1.2 装配的内容 .....             | 249        |
| 7.1.3 装配的组织形式 .....           | 253        |
| 7.2 保证装配精度的方法 .....           | 255        |
| 7.2.1 装配精度的概念 .....           | 255        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 7.2.2 装配精度与零件精度的关系 .....       | 256        |
| 7.2.3 保证装配精度的方法 .....          | 256        |
| 7.3 装配工艺规程的制订 .....            | 264        |
| 7.3.1 制订装配工艺规程的原则 .....        | 264        |
| 7.3.2 制订装配工艺规程的原始资料 .....      | 265        |
| 7.3.3 制订装配工艺规程的内容及步骤 .....     | 265        |
| 7.3.4 制订装配工艺过程注意事项 .....       | 268        |
| 7.4 火箭弹装配 .....                | 268        |
| 7.4.1 火箭弹装配的主要技术要求 .....       | 268        |
| 7.4.2 火箭弹装配的主要内容 .....         | 271        |
| 7.4.3 部件装配 .....               | 275        |
| 7.4.4 全弹总装 .....               | 277        |
| 思考题与习题 .....                   | 283        |
| <b>第8章 弹箭零件在加工过程中的试验</b> ..... | <b>284</b> |
| 8.1 水压试验 .....                 | 284        |
| 8.1.1 水压试验目的及过程 .....          | 284        |
| 8.1.2 水压试验设备 .....             | 284        |
| 8.1.3 标准试样 .....               | 285        |
| 8.1.4 水压试验液 .....              | 285        |
| 8.1.5 水压试验工作压力及持压时间 .....      | 286        |
| 8.1.6 试验要求 .....               | 286        |
| 8.1.7 试验结果评定 .....             | 287        |
| 8.2 磁力探伤 .....                 | 287        |
| 8.2.1 磁力探伤原理 .....             | 287        |
| 8.2.2 磁化方法 .....               | 288        |
| 8.2.3 磁化电流 .....               | 290        |
| 8.2.4 磁性悬浮液 .....              | 291        |
| 8.2.5 退磁 .....                 | 292        |
| 8.2.6 磁力探伤的操作程序 .....          | 292        |
| 8.2.7 磁力探伤试验的工艺流程 .....        | 293        |
| 8.2.8 磁痕分析 .....               | 293        |
| 8.3 超声波探伤 .....                | 294        |
| 8.3.1 超声波的波形转换 .....           | 294        |

---

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 8.3.2 用脉冲反射法探伤的基本原理 .....   | 296        |
| 8.2.3 超声波探伤在弹箭生产中的应用 .....  | 299        |
| 思考题与习题 .....                | 304        |
| <b>第9章 现代制造技术</b> .....     | <b>305</b> |
| 9.1 现代制造技术概述 .....          | 305        |
| 9.1.1 现代制造技术的概念及特征 .....    | 305        |
| 9.1.2 现代制造技术的发展趋势 .....     | 305        |
| 9.2 超精密加工技术 .....           | 307        |
| 9.2.1 超精密加工技术概述 .....       | 307        |
| 9.2.2 超精密切削加工 .....         | 309        |
| 9.2.3 超精密磨削加工 .....         | 313        |
| 9.3 难加工材料的特种加工技术 .....      | 317        |
| 9.3.1 难加工材料概述 .....         | 317        |
| 9.3.2 难加工材料的特种加工技术 .....    | 320        |
| 9.4 机械制造系统的自动化技术 .....      | 331        |
| 9.4.1 数控加工技术 .....          | 331        |
| 9.4.2 柔性制造系统 FMS .....      | 337        |
| 9.4.3 计算机集成制造系统(CIMS) ..... | 340        |
| 思考题与习题 .....                | 343        |
| <b>参考文献</b> .....           | <b>344</b> |

# 绪 论

机械制造业是国民经济最重要的部门之一,是一个国家或地区经济发展的支柱产业,其发展水平标志着该国家或地区的经济实力、科技水平、生活水准和国防实力。机械制造业是制造农业机械、动力机械、运输机械、矿山机械等机械产品的工业生产部门,也是为国民经济各部门提供冶金机械、化工设备和工作母机等装备的部门。机械制造业是国民经济的装备部,是为国民经济提供装备和为人民生活提供耐用消费品的产业。不论是传统产业,还是新兴产业,都离不开各种各样的机械装备。机械制造业的生产能力和发展水平标志着一个国家或地区国民经济现代化的程度,而机械制造业的生产能力主要取决于机械制造装备的先进程度;产品性能和质量的好坏则取决于制造过程中工艺水平的高低。将设计图纸转化成产品,离不开机械制造工艺与夹具,因而它是机械制造业的基础,是生产高科技产品的保障。离开了它,就不能开发制造出先进的产品和保证产品质量,不能提高生产率、降低成本和缩短生产周期。

本课程是以机械制造中的工艺和工装设计问题为研究对象的一门应用性制造技术学科。所谓工艺,是使各种原材料、半成品成为产品的方法和过程;机械制造工艺是各种机械制造方法和过程的总称。而在生产过程中,用来迅速、方便、安全地安装工件的工艺装备,称为夹具。机械加工技术的内容极其广泛,它包括零件的毛坯制造、机械加工及热处理和产品的装配等。本课程的研究范围主要是零件的机械加工及加工过程中工件的装夹和产品的装配两个方面。虽然在机械加工中涉及的产品品种成千上万,但是所研究的问题则可归纳为质量、生产率和经济性三个方面。

① 保证和提高产品的质量。产品质量包括装配精度、使用性能、使用寿命和可靠性,以及零件的加工精度和加工表面质量。近代,由于航空航天、精密机械、电子工业和国防工业的需要,对零件的精度和表面质量的要求越来越高。

② 提高劳动生产率。提高劳动生产率的方法:一是提高切削用量,采用高速切削、高速磨削等;二是改进工艺方法、创造新工艺。例如,利用锻压设备实现少或无切屑加工,对高强度、高硬度的难切削材料采用特种加工等;三是提高自动化程度,实现高度自动化。例如,采用数控机床、加工中心、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)和无人化车间或工厂等。

③ 降低成本。要节省和合理选择原材料,研究新材料;合理使用和改进现有设备,研制新的高效设备等。

对上述三类问题要辩证地全面地进行分析。要在满足质量要求的前提下,不断提高劳动生产率和降低成本。以优质、高效、低耗的工艺去完成零件的加工和产品的装配,这样的工艺才是合理的和先进的工艺。

通过本课程的学习(包括课堂理论教学、现场教学、实验和习题等)及相关实践教学环节(如生产实习和课程设计等)的训练,使学生初步具备分析和解决工艺技术问题的能力。具体有以下三点要求:

① 掌握机械制造工艺的基本理论(包括定位和基准理论、尺寸链理论、加工精度和误差分析理论、表面质量和机械振动理论等)和夹具设计方法及典型结构,注重建立基本概念和理论的具体应用,学会对较复杂零件进行工艺分析和夹具设计的方法。

② 具有制订中等复杂零件的机械加工工艺规程、设计夹具、制定一般产品的装配工艺规程的能力。

本课程只能涉及工艺理论中最基本的内容,不管工艺水平发展到何种程度,都和这些基本内容有着密切的关系。因此,要掌握最基本的内容,为今后通过工作实践和继续学习,不断增加工艺知识和提高分析、解决工艺等制造技术问题的能力打好基础。

本课程的特点和学习方法:

① 实践性强。本学科的内容来自生产和科研实践,而工艺理论的发展又促进和指导生产的发展。学习的目的在于应用,在于提高工艺水平。因此,要重视实验、生产实习和专业实习。有了一定的感性知识,就容易理解和掌握基本的概念、理论和方法。

② 内容丰富,涉及面广。机械加工技术涉及各类制造方法和过程,如从毛坯制造、热处理到机械加工、表面处理和装配,还涉及设备及工艺装备等“硬件”;而现代(先进)制造技术还要涉及产品设计、管理和市场甚至经济学等人文学科。各学科间相互渗透、结合、互补和促进是现代科学技术的特点和发展趋势。为此,学习时要善于综合运用已学过的专业基础课和专业课,如金属工艺学、机械工程材料、计算机应用技术、电工电子学、检测技术、金属切削原理、液压与气动、金属切削机床、企业管理与技术经济等课程,要深入接触社会,拓宽知识面。

③ 灵活多变。机械加工技术是制造技术学科中的核心内容,特别是工艺理论和工艺方法的应用,灵活性很大。因此,必须根据具体条件和情况实事求是地进行辩证的分析,抓主要矛盾和矛盾的主要方面,特别要注意矛盾和矛盾主要方面的转化。

# 第1章 概 述

## 1.1 基本概念

### 1.1.1 生产过程和工艺过程

机械产品制造时,将原材料或半成品转变为成品的全过程,称为生产过程。对机械制造业而言,生产过程主要包括:

① 生产技术准备过程。产品投入生产前的各项生产和技术准备工作。如产品的试验研究和设计、工艺设计和专用工艺装备的设计与制造、各种生产资料的准备以及生产组织方面的准备工作等;

② 毛坯的制造过程。如铸造、锻造、冲压和焊接等;

③ 零件的各种加工过程。如机械加工、热处理和其他表面处理等;

④ 产品的装配过程。如装配、调整、检验、试验、油漆和包装等;

⑤ 各种生产服务活动。如生产中原材料、半成品和工具的供应、运输、保管以及产品的包装和发运等。

在现代工业生产中,一台机器的生产往往是由许多工厂以专业化生产的方式合作完成的。这时,某工厂所用的原材料,却是另一工厂的产品。例如,制造汽车时,汽车上的轮胎、仪表、电器元件、液压元件甚至发动机等许多零部件都是由专业厂协作生产,由汽车厂完成关键零部件的生产,并装配成完整的产品——汽车。产品按专业化组织生产后,各有关工厂的生产过程就比较简单,有利于保证质量、提高生产率和降低成本。

在生产过程中,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,称为工艺过程。工艺过程是生产过程的主要组成部分。它包括毛坯制造过程、工件热处理过程、机械加工工艺过程、产品装配工艺过程等。利用机械加工的方法,直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量,使之成为产品零件的过程称为机械加工工艺过程。为便于叙述,以下将机械加工工艺过程简称为工艺过程。

### 1.1.2 工艺过程的组成

在机械加工工艺过程中,根据被加工零件的结构特点和技术要求,常需要采用各种不同的

加工方法和设备,并通过一系列加工步骤,才能将毛坯变成零件。因此,机械加工工艺过程是由一个或若干个顺次排列的工序组成的,而工序又可细分为若干个工步、安装和走刀。

## 1. 工序

工序是指一个(或一组)工人,在一台机床(或同一工作地)上,对一个(或同时对几个)工件所连续完成的那部分工艺过程。工序是工艺过程的基本单元。

区分工序的主要依据,是工作地(或设备)是否变动和加工是否连续,零件加工的工作地变动或加工不连续,即构成另一工序。例如图 1-1 所示的阶梯轴,当加工数量较少时,其加工工艺及工序划分如表 1-1 所示。当加工数量较大时,其工序划分如表 1-2 所示。

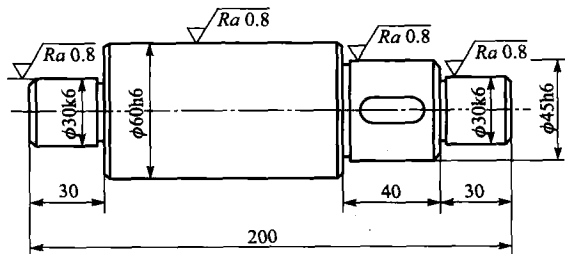


图 1-1 阶梯轴简图

表 1-1 阶梯轴加工工艺过程(单件小批生产)

| 工序号 | 工序内容                 | 设 备  |
|-----|----------------------|------|
| 1   | 车端面、打顶尖孔、车全部外圆、切槽与倒角 | 车床   |
| 2   | 铣键槽、去毛刺              | 铣床   |
| 3   | 磨外圆                  | 外圆磨床 |

表 1-2 阶梯轴加工工艺过程(中批生产)

| 工序号 | 工序内容      | 设 备       |
|-----|-----------|-----------|
| 1   | 铣端面、打顶尖孔  | 铣端面打顶尖孔机床 |
| 2   | 车外圆、切槽与倒角 | 车床        |
| 3   | 铣键槽       | 铣床        |
| 4   | 去毛刺       | 钳工台       |
| 5   | 磨外圆       | 外圆磨床      |

工序不仅是制订工艺过程的基本单元,也是制订劳动定额、配备工人,安排作业计划和进行质量检验的基本单元。

在零件的加工工艺过程中,有一些工作并不改变零件的形状、尺寸和表面质量,但却直接影响工艺过程的完成,如检验、打标记等,一般称完成这些工作的工序为辅助工序。

## 2. 安装与工位

工件在加工之前,在机床或夹具上先占据一个正确的位置(定位),然后再予以夹紧的过程

称为安装。在一个工序内,工件的加工可能只需要安装一次,也可能需要安装几次。例如,表1-2中的工序3,一次安装即铣出键槽,而工序2中,为车削全部外圆表面则最少需两次安装。工件加工中应尽量减少安装次数,因为多次安装会增加安装误差,而且还增加了安装工件的辅助时间。

为了减少工件的安装次数,常采用各种回转工作台、回转夹具或移位夹具,使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。此时,工件在机床上占据的每一个加工位置称为工位。图1-2所示为一利用回转工作台在一次安装中依次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四工位加工的实例。采用多工位加工,可减少工件安装次数,缩短辅助时间,提高生产效率。

### 3. 工步与走刀

在一个工序内,往往需要采用不同的刀具和切削用量对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述工序的内容,工序还可进一步划分为工步。工步是指加工表面、切削工具和切削用量中的转速与进给量均不变的情况下所完成的那部分工艺过程。一个工序可包括几个工步,也可以只包括一个工步。例如,在表1-2的工序2中,包括有粗精车各外圆表面及切槽等工步,而工序3中,当采用键槽铣刀铣键槽时,就只包括一个工步。

构成工步的任一因素(加工表面、刀具或切削用量)改变后,一般即变为另一工步。但是对于那些在一次安装中连续进行的若干相同的工步,为简化工序内容的叙述,通常看做一个工步。例如,对于图1-3所示零件上四个 $\phi 15$  mm孔的钻削,可写成一个工步——钻4- $\phi 15$  mm孔。

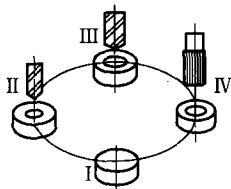


图 1-2 多工位加工

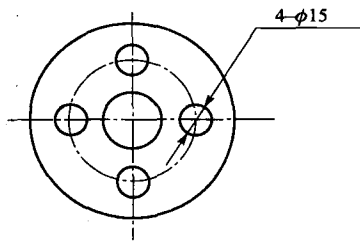


图 1-3 包括四个相同表面加工的工步

为了提高生产率,用几把刀具同时加工几个表面的工步,称为复合工步(见图1-4)。在工艺文件上,复合工步应视为一个工步。

在一个工步内,若被加工表面需切去的金属层很厚,需要分几次切削,则每进行一次切削就是一次走刀。一个工步可包括一次或几次走刀。

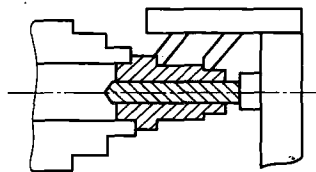


图 1-4 复合工步

### 1.1.3 生产纲领与生产类型

各种机械产品的结构、技术要求等差异很大,但它们的制造工艺则存在着很多共同的特征。这些共同特征取决于企业的生产类型,而企业的生产类型又是由企业的生产纲领决定的。

#### 1. 生产纲领

产品(或零件)的生产纲领,是指企业在计划期内计划生产的产品产量。计划期一般为一年。对于零件而言,除了制造机器所需的数量外,还应包括一定数量的备品和废品。

零件的生产纲领可按下式计算:

$$N=Q \cdot n \cdot (1+a\%+b\%)$$

式中  $N$ ——零件的生产纲领;

$Q$ ——产品的生产纲领;

$n$ ——每台产品中该零件的数量;

$a\%$ ——备品的百分率;

$b\%$ ——废品的百分率。

#### 2. 生产类型

生产类型是指工厂或车间生产专业化程度的分类。根据生产纲领的数量和产品(或零件)的大小,机械制造业的生产可分为三种类型:单件生产、成批生产和大量生产。

① 单件生产。单件生产的基本特点是生产的产品品种繁多,每种产品仅制造一个或少数几个,而且很少再重复生产。例如,重型机械产品制造和新产品试制时的生产都属于单件生产。

② 成批生产。成批生产的基本特点是生产的产品品种较多,每种产品均有一定的数量,各种产品是分期分批地轮流进行生产。例如,机床制造、机车制造和电机制造等多属于成批生产。

同一产品(或零件)每批投入生产的数量称为批量。根据产品的特征和批量的大小,成批生产可分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产工艺过程的特点和单件生产相似,大批生产工艺过程的特点和大量生产相似,中批生产的工艺特点则介于两者之间。

③ 大量生产。大量生产的基本特点是产品的产量大,品种少,大多数工作地长期重复地进行某一零件的某一工序的加工。例如,汽车、拖拉机、轴承和自行车等的制造多属于大量生产。

生产类型的划分,主要取决于产品的复杂程度及生产纲领的大小。表1-3所列为生产类