



高职高专“十一五”规划教材

机械电子类

# 机械加工 工艺基础

郭成操 主编



冶金工业出版社  
[www.cnmp.com.cn](http://www.cnmp.com.cn)



## 高职高专“十一五”规划教材

### 机械电子类

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| AutoCAD 2008机械绘图 | 数控原理与应用          |
| 电工与电子技术基础        | 数控编程与操作技术        |
| 电工与电子技术实训        | 电子技术             |
| 单片机应用技术          | 数控加工工艺           |
| 电机及拖动技术          | 液压传动与气动技术        |
| CAXA电子图板实训教程     | 机械制造基础           |
| 电工技术             | 可编程控制器应用技术(三菱)   |
| 电路基础             | Protel DXP电路设计技术 |
| 电力电子技术           | EDA应用技术          |
| 机械制图             | 机械CAD/CAM应用技术    |
| 机械制图习题集          | 数控加工技术           |
| 机械设计基础与实践        | 工程力学             |
| 机械制造技术           | 公差配合与技术测量        |
| 金属工艺学            | 数控机床故障分析与维修实训    |
| <b>机械加工工艺基础</b>  | Pro/E项目实训教程      |
| 金属切削机床           | 传感器应用技术          |

策划编辑: 祁 慧  
责任编辑: 马文欢  
封面设计: 王姝文

ISBN 978-7-5024-4594-2



9 787502 445942 >

定价: 28.00元

高职高专“十一五”规划教材·机电类

# 机械加工工艺基础

主 编 郭成操 李刚俊  
副主编 罗垂敏 乐绍文

北 京  
冶金工业出版社  
2008

## 内 容 简 介

本书是根据高职高专培养技术应用型人才的实际教学需要编写的。全书共 11 章, 主要内容包括机械制造过程的概述、金属切削过程及控制、机床夹具设计、常见的加工方法、机械加工工艺规程的制订、机械加工质量和数控加工等相关知识。

全书内容简明扼要, 内容重点突出, 主次分明, 紧密联系生产实际, 每章后均附有一定数量的习题, 便于课堂教学和读者自学。本书可以作为高等院校机械类专业学生的教材, 也可作为工程技术人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械加工工艺基础/郭成操, 李刚俊主编. —北京: 冶金工业出版社, 2008.6

ISBN 978-7-5024-4594-2

I. 机… II. ①郭…②李… III. 机械加工—工艺—高等学校: 技术学校—教材 IV.TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 074207 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 马文欢

ISBN 978-7-5024-4594-2

北京天正元印务有限公司印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2008 年 6 月第 1 版, 2008 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 14.25 印张; 316 千字; 219 页; 1-3000 册

28.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

# 前 言

为了适应社会主义建设事业的高速发展对高级人才培养的需要，我国高等教育事业正进行着重大的改革。按照国家教育部对高职高专教育的要求，我们以“适度、够用”为原则，以企业的实际需要为出发点，组织相关教师编写了这本《机械加工工艺基础》教材。

本书根据机械制造业的发展状况，在重点介绍金属切削原理、金属切削刀具、机床夹具、常见的加工方法、机械加工工艺规程的制订、机械加工质量等基础上，还详细介绍了数控加工的相关知识。同时，对装配工艺、特种加工知识等也进行了必要的介绍，以适应企业对学生岗位群的需要。

本书作者大多在企业从事过多年的机械制造技术，同时又从事了多年的机械加工类课程的一线教学，具有丰富的机械加工实际工作经验和教学经验。因此，“适用”是本书的一大特色，本书摒弃了一些在企业没有多大实用价值，而在同类教材上长篇累牍进行介绍的内容。在编写过程中，作者力求做到内容简明扼要、重点突出，便于学生自学，也便于给授课教师留有发挥的空间。

本书可以作为高等院校机械类专业学生的《机械制造技术》、《机械加工工艺基础》等类似课程的教材，也可作为工程技术人员的参考用书。

本书由郭成操、李刚俊任主编，罗垂敏、乐绍文任副主编。

由于编者水平有限，书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，恳请向编者(bjzhangxf@126.com)踊跃提出宝贵意见。

编 者

# 目 录

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>第 1 章 机械制造过程概述</b> ..... 1  |  |
| 1.1 机械制造过程 ..... 1             |  |
| 1.1.1 生产过程 ..... 1             |  |
| 1.1.2 工艺过程 ..... 1             |  |
| 1.1.3 生产系统 ..... 1             |  |
| 1.2 机械制造过程的生产组织 ..... 2        |  |
| 1.2.1 生产纲领 ..... 2             |  |
| 1.2.2 生产的组织类型 ..... 2          |  |
| 1.3 金属切削机床基础知识 ..... 4         |  |
| 1.3.1 金属切削机床的分类 ..... 4        |  |
| 1.3.2 金属切削机床的型号编制 ..... 4      |  |
| <b>第 2 章 金属切削过程及控制</b> ..... 8 |  |
| 2.1 基本定义 ..... 8               |  |
| 2.1.1 切削运动 ..... 8             |  |
| 2.1.2 切削用量 ..... 9             |  |
| 2.2 金属切削刀具基础 ..... 10          |  |
| 2.2.1 刀具的结构 ..... 10           |  |
| 2.2.2 刀具材料 ..... 15            |  |
| 2.3 金属切削过程 ..... 18            |  |
| 2.3.1 金属切削层参数 ..... 18         |  |
| 2.3.2 金属切削过程的三个变形区 ..... 19    |  |
| 2.3.3 影响切削变形的因素 ..... 20       |  |
| 2.4 切削力 ..... 22               |  |
| 2.4.1 切削力的分析 ..... 22          |  |
| 2.4.2 切削功率的计算 ..... 23         |  |
| 2.4.3 切削力的计算 ..... 23          |  |
| 2.4.4 影响切削力的因素 ..... 24        |  |
| 2.5 切削热与切削温度 ..... 25          |  |
| 2.5.1 切削热的产生和切削温度的分布 ..... 25  |  |
| 2.5.2 切削温度 ..... 26            |  |
| 2.6 刀具磨损与耐用度 ..... 27          |  |
| 2.6.1 刀具的磨损形式 ..... 28         |  |
| 2.6.2 刀具磨损的原因 ..... 28         |  |
| 2.6.3 刀具破损 ..... 29            |  |
| 2.6.4 刀具磨损过程及刀具耐用度 ..... 30    |  |
| 2.7 切削过程基本规律的应用 ..... 31       |  |
| 2.7.1 切屑的控制 ..... 31           |  |
| 2.7.2 材料的切削加工性 ..... 33        |  |
| 2.7.3 切削液的应用 ..... 36          |  |
| 2.8 金属切削条件的合理选择 ..... 38       |  |
| 2.8.1 刀具合理几何参数的选择 ..... 38     |  |
| 2.8.2 切削用量的合理选择 ..... 41       |  |
| <b>第 3 章 车削加工</b> ..... 43     |  |
| 3.1 车削加工概述 ..... 43            |  |
| 3.1.1 概述 ..... 43              |  |
| 3.1.2 车削工艺系统 ..... 44          |  |
| 3.2 车床 ..... 44                |  |
| 3.2.1 车床的主要类型及组成 ..... 44      |  |
| 3.2.2 CA6140 普通卧式车床 ..... 46   |  |
| 3.3 车刀 ..... 52                |  |
| 3.3.1 普通车刀的结构类型 ..... 52       |  |
| 3.3.2 成形车刀 ..... 53            |  |
| 3.4 车削的工艺特点及工件的装夹 ..... 54     |  |
| 3.4.1 车削的工艺特点 ..... 54         |  |
| 3.4.2 工件的装夹 ..... 54           |  |
| <b>第 4 章 铣削加工</b> ..... 58     |  |
| 4.1 铣削加工概述 ..... 58            |  |
| 4.1.1 铣削加工的应用与特点 ..... 58      |  |
| 4.1.2 铣削要素 ..... 59            |  |
| 4.1.3 铣削方式 ..... 60            |  |
| 4.2 铣床和铣刀 ..... 62             |  |
| 4.2.1 铣床 ..... 62              |  |
| 4.2.2 铣刀 ..... 63              |  |
| 4.3 铣削的工艺特点及应用 ..... 68        |  |

|                               |     |                             |     |
|-------------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| <b>第5章 孔的钻削、铰削和镗削加工</b> ..... | 70  | 7.3.1 拉削过程及加工范围             | 107 |
| 5.1 钻削加工与钻头                   | 70  | 7.3.2 拉床和拉刀                 | 107 |
| 5.1.1 麻花钻结构                   | 70  | 7.3.3 拉削方式                  | 109 |
| 5.1.2 钻削的工艺特点                 | 73  | 7.3.4 拉削的工艺特点               | 110 |
| 5.1.3 钻削用量                    | 74  | 7.4 特种加工                    | 111 |
| 5.1.4 扩孔钻                     | 74  | 7.4.1 电火花加工                 | 111 |
| 5.1.5 钻床                      | 75  | 7.4.2 电解加工                  | 112 |
| 5.2 铰削加工与铰刀                   | 76  | 7.4.3 激光加工                  | 113 |
| 5.2.1 铰刀的结构参数                 | 76  | 7.4.4 超声波加工                 | 114 |
| 5.2.2 铰削工艺特点                  | 77  | <b>第8章 机床夹具</b> .....       | 115 |
| 5.3 镗削加工与镗刀                   | 77  | 8.1 机床夹具概述                  | 115 |
| 5.3.1 镗床                      | 77  | 8.1.1 概述                    | 115 |
| 5.3.2 镗刀                      | 78  | 8.1.2 机床夹具的组成及分类            | 116 |
| 5.3.3 镗削的工艺特点                 | 79  | 8.2 工件的定位                   | 117 |
| <b>第6章 磨削加工</b> .....         | 80  | 8.2.1 工件定位的基本原理             | 117 |
| 6.1 磨具的特性及选用                  | 80  | 8.2.2 定位方法与定位元件             | 119 |
| 6.1.1 普通磨具                    | 80  | 8.2.3 定位误差的计算               | 123 |
| 6.1.2 超硬磨具                    | 82  | 8.3 工件的夹紧                   | 130 |
| 6.2 磨削原理                      | 83  | 8.3.1 夹紧装置的组成及基本要求          | 130 |
| 6.2.1 磨削过程                    | 83  | 8.3.2 夹紧力三要素的确定             | 130 |
| 6.2.2 磨削阶段                    | 84  | 8.3.3 典型夹紧机构                | 132 |
| 6.2.3 磨削力与磨削温度                | 84  | 8.4 典型机床夹具                  | 135 |
| 6.3 磨削运动与加工类型                 | 86  | 8.4.1 车床类夹具                 | 135 |
| 6.3.1 磨削运动                    | 86  | 8.4.2 铣床类夹具                 | 137 |
| 6.3.2 磨削加工类型                  | 87  | 8.4.3 钻床夹具                  | 139 |
| 6.4 磨床                        | 90  | 8.4.4 镗床夹具                  | 143 |
| 6.4.1 磨床的类型                   | 90  | <b>第9章 机械制造工艺规程设计</b> ..... | 146 |
| 6.4.2 磨床的结构                   | 91  | 9.1 机械制造工艺规程概述              | 146 |
| <b>第7章 其他加工方式</b> .....       | 93  | 9.1.1 工艺过程的组成               | 146 |
| 7.1 齿轮加工                      | 93  | 9.1.2 工艺规程的内容与作用            | 148 |
| 7.1.1 齿轮加工方法                  | 93  | 9.1.3 机械制造工艺规程的<br>类型及格式    | 149 |
| 7.1.2 滚齿加工                    | 95  | 9.1.4 工艺规程设计的原则<br>与步骤      | 149 |
| 7.1.3 插齿加工                    | 99  | 9.2 零件加工工艺性分析及毛坯<br>的选择     | 151 |
| 7.1.4 齿轮的精加工                  | 100 | 9.2.1 零件图的审查                | 151 |
| 7.2 刨削加工和插削加工                 | 103 | 9.2.2 毛坯的确定                 | 154 |
| 7.2.1 刨削加工                    | 103 |                             |     |
| 7.2.2 插削加工                    | 106 |                             |     |
| 7.3 拉削加工                      | 107 |                             |     |

|                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 9.3 定位基准的选择.....155              | 10.1.2 工艺系统的几何误差..... 183            |
| 9.3.1 基准的概念及分类 .....155          | 10.1.3 工艺系统的受力变形误差.. 187             |
| 9.3.2 定位基准的选择 .....156           | 10.1.4 工艺系统的受热变形误差.. 193             |
| 9.4 加工工艺路线的拟订.....159            | 10.1.5 工件内应力造成的<br>变形误差 ..... 196    |
| 9.4.1 表面加工方法的选择 .....159         | 10.1.6 加工误差的统计分析..... 197            |
| 9.4.2 加工阶段的划分 .....160           | 10.1.7 提高加工精度的措施..... 201            |
| 9.4.3 加工顺序的安排 .....161           | 10.2 机械加工表面质量..... 202               |
| 9.4.4 工序的集中与分散 .....162          | 10.2.1 表面质量的含义..... 202              |
| 9.5 加工余量的确定.....163              | 10.2.2 表面质量对零件使用<br>性能的影响 ..... 203  |
| 9.5.1 加工余量的概念 .....163           | 10.2.3 影响加工表面质量的<br>因素及控制措施..... 205 |
| 9.5.2 影响加工余量的因素 .....164         |                                      |
| 9.5.3 加工余量的确定 .....165           |                                      |
| 9.6 工序尺寸的确定.....165              |                                      |
| 9.6.1 工艺尺寸链的概念 .....165          |                                      |
| 9.6.2 尺寸链的计算方法 .....166          |                                      |
| 9.6.3 尺寸链的计算实例 .....167          |                                      |
| 9.7 时间定额和提高生产率的<br>工艺措施 .....172 |                                      |
| 9.7.1 时间定额的概念与组成.....172         |                                      |
| 9.7.2 提高生产率的工艺措施.....173         |                                      |
| 9.8 装配工艺基础 .....174              |                                      |
| 9.8.1 机械装配精度 .....174            |                                      |
| 9.8.2 装配工艺尺寸链 .....175           |                                      |
| 9.8.3 装配工艺尺寸链的应用.....175         |                                      |
| <b>第 10 章 机械加工质量</b> ..... 180   | <b>第 11 章 数控加工</b> ..... 211         |
| 10.1 机械加工精度.....180              | 11.1 概述..... 211                     |
| 10.1.1 机械加工精度概述 .....180         | 11.1.1 数控机床的组成..... 211              |
|                                  | 11.1.2 工件坐标系 ..... 211               |
|                                  | 11.2 机床数控系统的分类..... 212              |
|                                  | 11.2.1 按机床的运动轨迹分类..... 212           |
|                                  | 11.2.2 按伺服控制方式分类..... 213            |
|                                  | 11.3 数控加工的工艺设计 ..... 214             |
|                                  | 11.3.1 数控加工工艺的概念..... 214            |
|                                  | 11.3.2 数控加工工艺的特点..... 215            |
|                                  | 11.3.3 数控加工工艺路线的设计.. 215             |
|                                  | 11.3.4 数控加工工序的设计..... 216            |
|                                  | <b>参考文献</b> ..... 219                |

# 第 1 章 机械制造过程概述

## 1.1 机械制造过程

### 1.1.1 生产过程

生产过程是将原材料转变成机械产品的全部劳动过程，包括生产技术准备、毛坯制造、零件加工、热处理、装配和调试检验装置等。同时还包括辅助生产过程和生产服务过程。为使基本生产过程能正常进行所必经的辅助过程，包括工艺装备的设计制造、能源供应和设备维修等。生产服务过程包括原材料采购运输、保管、供应及产品包装和销售等。

### 1.1.2 工艺过程

在生产过程中，凡是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机械制造工艺过程，简称工艺过程。它包括毛坯制造、零件加工、热处理、质量检验和机器装配等。

工艺过程是生产过程的主要组成部分，其中零件的机械加工是采用合理有序安排的各种加工方法，逐步地改变毛坯的形状、尺寸和表面质量，使其成为合格零件的过程，这一过程称为机械加工工艺过程。部件和产品的装配是采用按一定顺序布置的各种装配工艺方法，把组成产品的全部零部件按设计要求正确地结合在一起形成产品的过程，就是机械装配工艺过程。

技术人员根据产品数量、设备条件和工人素质等情况，确定采用的工艺过程，并将有关内容写成工艺文件，这种文件就称工艺规程。

### 1.1.3 生产系统

#### 1.1.3.1 系统的概念

任何事物都是由数个相互作用和相互依赖的部分组成并具有特定功能的有机整体，这个整体就是“系统”。

#### 1.1.3.2 机械加工工艺系统

机械加工工艺系统由金属切削机床、刀具、夹具和工件等 4 个要素组成，它们彼此关联、互相影响。该系统的整体目的是在特定的生产条件下，在保证机械加工工序质量的前提下，采用合理的工艺过程，降低该工序的加工成本。

机床是实现工件进行机械加工的必要设备，为机械加工提供切削加工运动和动力。夹具是装夹工件的重要工艺装备，用它实施对工件的定位和夹紧，使工件在加工时相对于机床或刀具保持一个正确的位置。刀具是直接对工件进行加工的工具，将直接由它切除工件毛坯上预留的材料层。机床、夹具、刀具和工件的共同作用，使工件能够获得合格的尺寸精度、形状精度、位置精度及表面质量，并最终达到零件的设计要求。

加工的零件不同，工艺内容不同，相应的工艺系统也不同。工艺系统的特性及工艺过

程参数的选择对零件的加工质量起决定性的作用。工件是机械加工工艺系统的核心。

### 1.1.3.3 机械制造系统

机械制造系统是在工艺系统基础上以整个机械加工车间为整体的更高一级的系统。该系统的整体目的是使该车间能最有效地全面完成全部零件的机械加工任务。

### 1.1.3.4 生产系统

生产系统以整个机械制造厂为整体, 为了最有效地经营, 获得最高经济效益, 一方面把原材料供应、毛坯制造、机械加工、热处理、装配、检验与试车、油漆、包装、运输及保管等因素作为基本物质因素来考虑; 另一方面把技术情报、经营管理、劳动力调配、资源和能源利用、环境保护、市场动态、经营政策、社会问题和国际因素等信息作为影响系统效果更重要的要素来考虑。

## 1.2 机械制造过程的生产组织

机械产品的制造过程是一个复杂的过程, 需要经过一系列的机械加工工艺和装配工艺才能完成。工艺过程的要求是优质、高效、低耗, 以取得最佳的经济效益。不同产品的制造工艺各不相同, 即使是同一产品, 在不同情况下, 制造工艺过程也会不同。一种产品的制造工艺过程的确定不仅取决于产品自身的结构、功能特征、精度要求的高低以及企业的设备技术条件与水平, 更取决于市场对该产品的种类及产量的需求。不同的工艺过程决定了产品不同的生产过程。这些差别综合反映了企业不同的生产组织类型。

### 1.2.1 生产纲领

生产纲领是企业根据市场需求和自身的生产能力决定的在计划生产期内应当生产的产品产量。某种零件的年产量称为该零件的年生产纲领。零件的年生产纲领  $N$  可按下列公式计算。

$$N=Qn(1+\alpha+\beta)$$

式中  $Q$ ——产品的年产量, 台/年;

$n$ ——每台产品中该零件的数量, 件/台;

$\alpha$ ——备品百分率;

$\beta$ ——废品百分率。

通过上式可以看出, 零件的生产纲领是根据产品的生产纲领、零件在该产品中使用的数量, 并考虑备品、废品的数量而确定的。生产纲领是制订生产计划和工艺规程的重要依据。根据生产纲领并考虑资金周转速度、零件加工成本和装配销售储备量等因素, 可以确定该产品一次投入生产的批量和每年投入生产的批次, 即生产批量。

### 1.2.2 生产的组织类型

#### 1.2.2.1 生产的组织类型

生产类型是指企业生产专业化程度的分类。产品有大有小, 大至船舶, 小到螺钉,

其特征有的复杂,有的简单,批量和生产纲领也各不相同。根据产品的大小、特征、批量和生产纲领,我们通常将产品的生产分成单件生产、成批生产和大量生产等3种生产类型。

(1) 单件生产。单个生产不同结构尺寸的产品,且很少重复或完全不重复的生产,如重型机械、大型船舶制造和新产品试制等。

(2) 成批生产。成批制造相同产品,且周期性地重复生产,如机床制造等。同一产品(或零件)每批投入生产的数量称为批量。

(3) 大量生产。其产品数量很大,大多数工作地点一直按照一定的节拍进行同一种零件的某一道工序的加工,如自行车、洗衣机和汽车等的生产。在大量生产时,广泛采用自动化专用设备,按工艺顺序流水线方式组织生产,但生产组织的灵活性较差,不能适应产品品种的灵活多变性。

根据产品特征及批量大小,成批又分为小批、中批和大批生产3种。

小批生产工艺过程的特点与单件生产相似。单件小批生产时,其生产组织的特点是要能适应产品品种的灵活多变。

中批生产是指产品以一定的生产批量成批地投入制造,并按一定的时间间隔周期性地重复生产。每一个工作地点的工作内容周期性地重复。一般情况下,机床的生产多属于中批生产。在中批生产时,采用通用设备与专用设备相结合的形式,以保证其生产组织满足一定的灵活性和生产率的要求。

大批生产和大量生产的生产组织形式类似,统称为大批大量生产。

生产类型不仅取决于生产纲领,而且和产品的大小和复杂程度有关。生产类型与生产纲领的关系见表1-1。

表1-1 生产类型与生产纲领(年产量)的关系

| 生产类型 | 重型机械  | 中型机械      | 小型机械         |
|------|-------|-----------|--------------|
| 单件生产 | <5    | <20       | <100         |
| 小批生产 | 5~100 | 20~200    | 100~500      |
| 中批生产 | —     | 200~500   | 500~5 000    |
| 大批生产 | —     | 500~5 000 | 5 000~50 000 |
| 大量生产 | —     | >5 000    | >50 000      |

### 1.2.2.2 各种生产组织类型的工艺特点

生产类型不同,产品和零件的制造工艺、制造装备、技术措施及经济效果等也各不相同。因此,划分生产类型有利于进行生产的规划和管理。大批大量生产宜广泛采用高产专用机床和自动化生产系统,按流水线或自动生产线排列进行生产,可大大提高生产率,从而降低成本,提高竞争力。单件、小批生产宜采用通用性好的机床进行生产,以减少设备投资,从而降低成本。

各种生产组织类型的工艺特点见表1-2。

表 1-2 各种生产组织类型的工艺特点

| 工艺特点     | 单 件 生 产                    | 批 量 生 产                        | 大 量 生 产                      |
|----------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 毛坯的制造方法  | 铸件用木模手工造型, 锻件用自由锻          | 铸件用金属模造型, 部分锻件用模锻              | 铸件广泛用金属模机器造型, 锻件用模锻          |
| 零件互换性    | 无需互换、互配, 零件可成对制造, 广泛用修配法装配 | 大部分零件有互换性, 少数用修配法装配            | 全部零件有互换性, 某些要求精度高的配合, 采用分组装配 |
| 机床设备及其布置 | 采用通用机床; 按机床类别和规格采用“机群式”排列  | 部分采用通用机床, 部分专用机床; 按零件加工分“工段”排列 | 广泛采用生产率高的专用机床和自动机床; 按流水线形式排列 |
| 夹具       | 很少用专用夹具, 由划线和试切法达到设计要求     | 广泛采用专用夹具, 部分用划线法进行加工           | 广泛采用专用夹具, 用调整法达到精度要求         |
| 刀具和量具    | 采用通用刀具和万能量具                | 较多采用专用刀具和专用量具                  | 广泛采用高生产率的刀具和量具               |
| 对技术工人要求  | 需要技术熟练的工人                  | 各工种需要一定熟练程度的技术工人               | 对机床调整工人技术要求高, 对机床操作工人技术要求低   |
| 对工艺文件的要求 | 只有简单的工艺过程卡                 | 有详细的工艺过程卡或工艺卡, 零件的关键工序有详细的工序卡  | 有工艺过程卡、工艺卡和工序卡等详细的工艺文件       |

## 1.3 金属切削机床基础知识

金属切削机床是用切削的方法将金属毛坯加工成零件的机器, 是加工机器零件的主要设备, 它所担负的工作量约占机器制造总工作量的 40%~60%。机床工业的技术水平决定着其他行业的发展水平, 在很大程度上标志着一个国家的工业生产能力和科学技术水平。金属切削机床的品种和规格繁多, 为便于区别、使用和管理, 国家制定了相应的标准对机床进行分类和型号编制。

### 1.3.1 金属切削机床的分类

机床的传统分类方法主要是按加工性质和所用刀具进行分类。按照这种方法分类, 我国将机床分为: 车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、特种加工机床、锯床和其他机床共 12 大类。按结构、性能和工艺特点的不同, 每一类机床细分为若干组, 如车床类就有普通车床、立式车床、六角车床、多刀半自动车床、单轴自动车床和多轴自动车床等。我国切削类机床的类别和组别见表 1-3。

### 1.3.2 金属切削机床的型号编制

#### 1.3.2.1 机床型号表示方法

机床型号是赋予每种机床的一个代号, 用以简明地表示机床的类型、通用特性、结构特性和主要技术参数等内容。机床型号用汉语拼音字母和阿拉伯数字组合而成。型号中包含机床的类别代号、机床的特性代号(包括通用特性代号和结构特性代号)、机床的组和型

表 1-3 机床的类别和组别

| 类别及代号    | 组 代 号    |         |            |            |          |         |           |           |              |                |
|----------|----------|---------|------------|------------|----------|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|
|          | 0        | 1       | 2          | 3          | 4        | 5       | 6         | 7         | 8            | 9              |
| 车床 C     | 仪表车床     | 单轴自动车床  | 多轴自动、半自动车床 | 回轮、转塔车床    | 曲轴及凸轮轴车床 | 立式车床    | 落地及卧式车床   | 仿形及多刀车床   | 轮、轴、锭、辊及铲齿车床 | 其他车床           |
| 钻床 Z     |          | 坐标镗钻床   | 深孔钻床       | 摇臂钻床       | 台式钻床     | 立式钻床    | 卧式钻床      | 铣钻床       | 中心孔钻床        | 其他钻床           |
| 镗床 T     |          |         | 深孔镗床       |            | 坐标镗床     | 立式钻床    | 卧式钻床      | 精镗床       | 汽车、拖拉机修理用镗床  | 其他镗床           |
| 磨床       | M        | 仪表磨床    | 外圆磨床       | 内圆磨床       | 砂轮机      | 坐标磨床    | 导轨磨床      | 刀具刃磨床     | 平面及端面磨床      | 曲轮、凸轮轴、花键轴及辊磨床 |
|          | 2M       |         | 超精机        | 内圆珩磨机      | 外圆及其他珩磨机 | 抛光机     | 砂带抛光及磨削机床 | 刀具刃磨及研磨机床 | 可转位刀片磨削机床    | 研磨机            |
|          | 3M       |         | 球轴承套圈沟磨床   | 滚子轴承套圈滚道磨床 | 轴承套圈超精机  |         | 叶片磨削机床    | 滚子加工机床    | 钢球加工机床       | 气门、活塞及活塞环磨床    |
| 齿轮加工机床 Y | 仪表齿轮加工机床 |         | 锥齿轮及加工机    | 滚齿机及铣齿机    | 剃齿机及珩齿机  | 插齿机     | 花键轴铣床     | 齿轮磨齿机     | 其他齿轮加工机床     | 齿轮倒角机及齿轮检查机    |
| 螺纹加工机床 S |          |         |            | 套丝机        | 攻丝机      |         | 螺纹铣床      | 螺纹磨床      | 螺纹车床         |                |
| 铣床 X     | 仪表铣床     | 悬臂及滑枕铣床 | 龙门铣床       | 平面铣床       | 仿形铣床     | 立式升降台铣床 | 卧式升降台铣床   | 床身铣床      | 工具铣床         | 其他铣床           |
| 刨插床 B    |          | 悬臂刨床    | 龙门刨床       |            |          | 插床      | 牛头刨床      |           | 边缘及模具刨床      | 其他刨床           |
| 拉床 L     |          |         | 侧拉床        | 卧式外拉床      | 连续拉床     | 立式内拉床   | 卧式内拉床     | 立式外拉床     | 键槽、轴瓦及螺纹拉床   | 其他拉床           |
| 锯床 G     |          |         | 砂轮片锯床      |            | 卧式带锯床    |         | 圆锯床       | 弓锯床       | 铰锯床          |                |
| 其他机床 Q   | 其他仪表机床   | 管子加工机床  | 木螺钉加工机     |            | 刻线机      | 切断机     | 多功能机床     |           |              |                |

别代号、主要性能参数代号和机床重大改进序号等。通用机床的型号表示方法如图 1-1 所示。

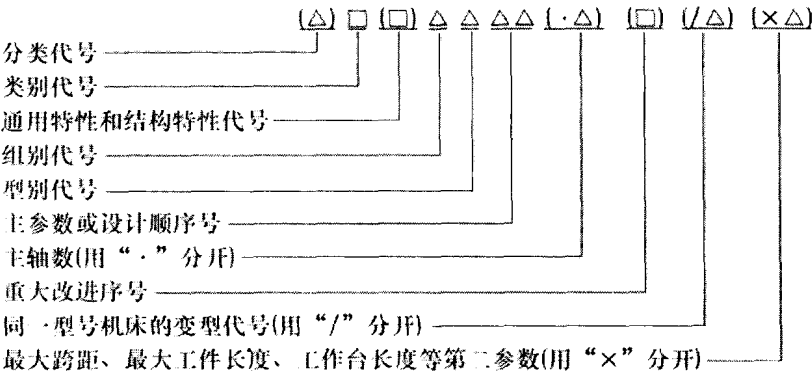


图 1-1 通用机床的型号表示方法

- 注：(1) 有“□”符号者，为大写的汉语拼音字母；  
(2) 有“△”符号者，为阿拉伯数字；  
(3) 有“( )”的代号或数字，当无内容时则不表示，若有内容时应去掉括号。

1.3.2.2 机床型号说明

1. 机床的类别代号

用大写的汉语拼音字母代表机床的类别。例如，用“C”表示车床，读“车”。有的机床(如磨床)又由若干分类组成，分类代号用阿拉伯数字表示，置于类别代号之前，但第 1 分类不予表示。机床类别代号见表 1-4。

表 1-4 机床的类别代号

| 类别   | 车床 | 钻床 | 镗床 | 磨床 |     |     | 齿轮加工机床 | 螺纹加工机床 | 铣床 | 刨插床 | 拉床 | 电加工机床 | 切断机床 | 其他机床 |
|------|----|----|----|----|-----|-----|--------|--------|----|-----|----|-------|------|------|
| 代号   | C  | Z  | T  | M  | 2M  | 3M  | Y      | S      | X  | B   | L  | D     | G    | Q    |
| 参考读音 | 车  | 钻床 | 镗  | 磨  | 2 磨 | 3 磨 | 牙      | 丝      | 铣  | 刨   | 拉  | 电     | 割    | 其    |

2. 机床的特性代号

对主参数值相同而结构、性能不同的机床，在型号中加结构特性代号予以区分，它在型号中没有统一的含义，只在同类机床中起区分机床结构、性能不同的作用。结构特性代号字母是根据各类机床的情况分别规定的，在不同型号中的含义可以不同。通用特性代号已用的字母及字母“I”、“O”不可作为结构特性代号使用。当型号中已有通用特性代号时，结构特性代号应排在通用特性代号之后。机床通用特性代号见表 1-5。

表 1-5 机床通用特性代号

| 通用特性   | 代号 | 通用特性 | 代号 |
|--------|----|------|----|
| 高精度    | G  | 自动换刀 | H  |
| 精密     | M  | 仿形   | F  |
| 自动     | Z  | 万能   | W  |
| 半自动    | B  | 轻型   | Q  |
| 数字程序控制 | K  | 简式   | J  |

### 3. 机床的组和型别代号

每一类机床分为若干组，每组又分为若干型。用两位数字作为组和型别代号，位于类别和特性代号之后，第一位数字表示组别，第二位数字表示型别。

### 4. 主参数

表示机床规格和加工能力的主要参数，用两位十进制数并以折算值表示。如车床的主参数是工件的最大回转直径，其毫米数除以 10，即为主参数值。有时候，型号中除主参数外还需表明第二主参数(亦用折算值)，以“×”号分开。

### 5. 机床重大改进的序号

当机床的结构、性能有更高的要求，并按新产品重新设计、试制和鉴定时，按改进的先后顺序在型号基本部分的尾部加 A、B、C 等汉语拼音字母(不得选用 I、O 两个字母)，以区别原机床型号。例如，Y7132A 和 Z3040A 都表明是第一次重大改进。

此外，多轴机床的主轴数目，要以阿拉伯数字表示在型号后面，并用“.”分开。例如，C2140-6 是加工最大棒料直径为 40mm 的卧式六轴自动车床的型号表示方法。

#### 1.3.2.3 机床型号举例

机床型号举例如图 1-2 所示。

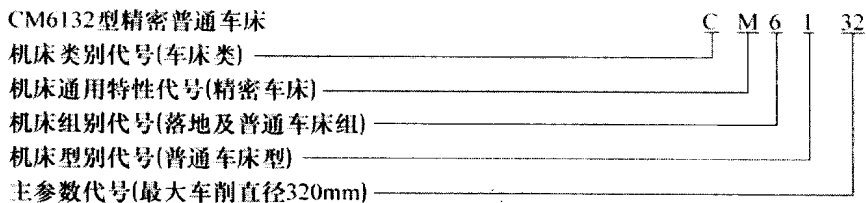


图 1-2 机床型号举例

## 习题与思考题

1. 什么叫机械加工的工艺系统？工艺系统的核心是什么？
2. 什么叫零件的年生产纲领，年生产纲领的决定因素有哪些？
3. 产品的生产组织类型有哪些，各有什么特点？
4. 常用的机床分类方法是什么？
5. 机床的型号如何编制？

## 第2章 金属切削过程及控制

### 2.1 基本定义

各种机器都是由零件、组件和部件组装的。零件制造是机器制造过程中最基本、最重要的阶段。金属切削加工是使用最广泛、最主要的机器零件加工方法,这种方法又称为机械加工。由金属切削机床、刀具、夹具和工件(被加工机器零件)组成的系统,称为金属切削工艺系统,简称工艺系统。工件在工艺系统中,被切削加工成为符合设计图要求的合格机器零件的过程,称为切削加工过程。

#### 2.1.1 切削运动

要加工出工件的表面,就要求刀具与工件之间有一定的相对运动,即表面成形运动,称为切削运动。通过切削运动,用刀具切除工件上多余的金属。切削运动包括主运动和进给运动。

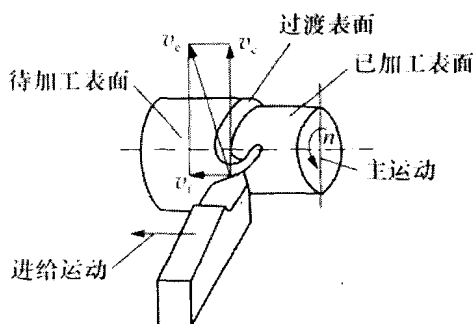


图 2-1 外圆车削的切削运动与切削表面

##### 2.1.1.1 主运动

主运动使刀具和工件产生主要相对运动,以切除工件上多余金属的基本运动,是进行切削的最基本、最主要的运动。通常其速度最快,消耗功率最多。一般机床只有一个主运动。如图 2-1 所示的外圆车削加工中,工件的旋转运动就是主运动。主运动的速度称为切削速度,用  $v_c$  表示。

##### 2.1.1.2 进给运动

进给运动与主运动配合,使切削工作能够连续地进行,以获得所需要的工件表面。通常其消耗动力较少,可由一个或多个运动组成,甚至没有(如拉削)。如图 2-1 所示的外圆车削加工中,进给运动是车刀沿平行于工件轴线方向的连续直线运动。进给运动的速度称为进给速度,以  $v_f$  表示,单位为 mm/s 或 mm/min。进给速度还可以以每转或每行程进给量  $f$ (mm/r 或 mm/行程)、每齿进给量  $f_z$ (mm/z)表示。

由主运动和进给运动合成的运动称为合成切削运动。刀具切削刃上选定点相对工件的瞬时合成运动方向称为合成切削运动方向,其速度称为合成切削速度  $v_c$ ,如图 2-1 所示。合成切削速度为同一选定点的主运动速度与进给运动速度的矢量和,即:

$$v_c = v_c + v_f$$

其中,  $v_c$  称为主运动速度,  $v_f$  称为进给运动速度。

##### 2.1.1.3 辅助运动

要完成机床的工作循环,除主运动和进给运动外,还需要其他的一些运动。

- (1) 空行程运动。包括刀架、工作台的快速接近与退出工件等,可节省辅助时间。
- (2) 切入运动。为了保证被加工面获得所需要的尺寸,刀具相对于工件表面所作的深入运动。
- (3) 分度运动。使工件或刀具回转到所需要的角度,多用于加工若干个均匀分布的表面。按照表面分布的形式,有圆周分度运动和直线分度运动两种。
- (4) 操纵及控制运动。包括变速、换向、起停及工件的装夹等。

## 2.1.2 切削用量

### 2.1.2.1 切削表面

在切削过程中,加工工件表面上依次变化着已加工表面、待加工表面和过渡表面,如图2-1所示。

- (1) 已加工表面。工件上多余金属被切除后形成的新表面。
- (2) 待加工表面。工件上多余金属即将被切除的表面。随着切削的进行,待加工表面逐渐减小,直至多余的金属被切完时才消失。
- (3) 过渡表面。过渡表面就是工件上由切削刃形成的那部分表面,它在下一切削行程(如刨削)、刀具或工件的下一转里(如单刃镗削或车削)将被切除,或者由下一切削刃(如铣削)切除。

### 2.1.2.2 切削用量

所谓切削用量是切削速度、进给量和切削深度三要素的总称。在切削加工过程中,需针对不同的工件材料、刀具材料及其他工艺技术要求来选定合适的切削用量。

#### 1. 切削速度

它是切削刃上选定点相对于工件的主运动速度,单位为 m/s 或 m/min。大多数切削加工的主运动采用回转运动。回旋体(刀具或工件)上外圆或内孔某一点的切削速度计算公式如下:

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (2-1)$$

式中  $d$ ——工件或刀具上某一点的回转直径, mm;

$n$ ——工件或刀具的转速, r/s 或 r/min。

#### 2. 进给速度、进给量和每齿进给量

进给速度  $v_f$  是单位时间的进给量,单位是 mm/s(mm/min)。

进给量是工件或刀具每回转一周时两者沿进给运动方向的相对位移,单位是 mm/r(毫米/转)。

对于铣刀、铰刀、拉刀和齿轮滚刀等多刃切削工具,在它们进行工作时,还应规定每一个刀齿的进给量  $f_z$ ,即后一个刀齿相对于前一个刀齿的进给量,单位是 mm/z(毫米/齿)。即:

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

#### 3. 背吃刀量

对于车削和刨削加工来说,背吃刀量  $a_p$  为工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,单位为 mm。