

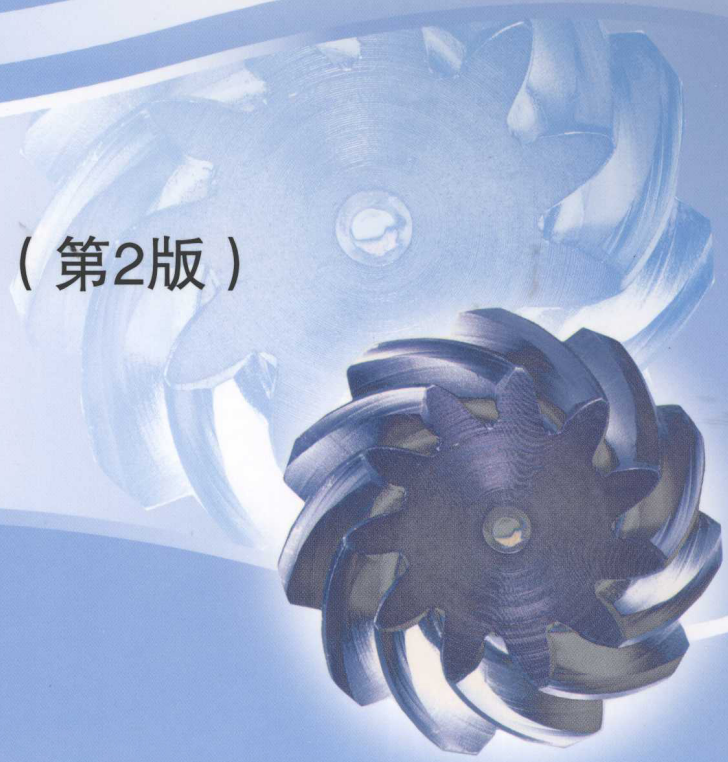


全国高职高专教育“十一五”规划教材

数控技术专业系列

# 数控机床 (第2版)

夏凤芳 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

全国高职高专教育“十一五”规划教材

# 数 控 机 床

(第2版)

Shukong Jichuang

夏凤芳 主编



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容概要

本书根据高等职业教育数控技术专业人才培养指导方案编写,由绪论及其余5章组成。绪论介绍了数控机床的概念、工作原理以及数控机床的发展趋势等;第1章结合金属切削机床的基本知识,全面介绍了各种金属切削机床;第2章在介绍数控机床的工作原理、性能指标的基础上,分别介绍了数控车床、数控铣床、加工中心、电火花成形加工机床和电火花线切割机床的用途与结构;第3章对数控机床主传动系统、进给传动系统、换刀装置、辅助机构、位置检测装置、液压传动系统等典型结构进行了系统的介绍;第4章介绍了数控机床选择与使用的基本常识;第5章介绍了数控机床安装调试及保养维修的基本常识。每章配有学习目标、本章导读以及习题与思考题,以帮助学习者及时而全面地掌握学习内容。

本书可作为高职高专院校数控技术专业、机电一体化专业的教材使用,也可作为初、中级数控技术人员的数控培训用书以及从事数控机床工作的工程技术人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

数控机床/夏凤芳主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2010.12

ISBN 978-7-04-030522-7

I. ①数… II. ①夏… III. ①数控机床-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第215609号

策划编辑 徐 进

版式设计 范晓红

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京市鑫霸印务有限公司

开 本 787×1092 1/16  
印 张 14.5  
字 数 350 000

购书热线 010—58581118  
咨询电话 400—810—0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landraco.com>  
<http://www.landraco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2005年1月第1版  
2010年12月第2版  
印 次 2010年12月第1次印刷  
定 价 23.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30522—00

# 第2版前言

本书第1版自2005年出版以来,因其简明扼要、实用性强而受到广大教师和读者的普遍认可。为了尽可能地反映数控技术领域内的新成就和新的应用经验,特修订再版。在编写过程中,始终坚持把提高学生的职业能力放在突出位置,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点,使本书具有较强的针对性和实用性。

第2版与第1版相比,对第2章和第3章进行了较大幅度的修订,更新了部分内容,反映了数控机床的最新发展动向;第2章增加了数控特种加工机床的内容,如数控电火花成形加工机床、电火花线切割机床,以扩展学生的眼界;第3章增加了数控机床典型部件中进给传动系统的分析,如联轴器、滚珠丝杠螺母副、齿轮传动装置、数控机床导轨等;同时还增加了数控机床的辅助机构,如数控回转工作台、分度工作台、排屑装置等。

总之,此次修订进一步完善了本书的内容,为学生今后进行普通机床数控化改造、数控机床的结构与设计提供了系统、实用、前沿的知识。

本次修订工作主要由上海电机学院夏凤芳主持,郁斌强参与修订。

本书自第1版出版以来,受到广大教师和读者的热情支持与肯定,在此深表感谢,并恳请各位对第2版一如既往地给予批评指正。

编 者  
2010年10月

# 第1版前言

科技水平的不断发展,使社会生产力得到了空前的进步,不断催生而出的、新的加工制造技术越来越多地运用于生产实践之中,并对社会进步发挥着巨大的推进作用。数控加工就是其中最具有代表性的技术之一。机床工具协会受国家机械局委托制定的“十五”规划中指出,到2005年我国数控机床年产量将达到25 000~30 000台。“十五”期间数控机床年产值增长率将等于或高于18%,数控机床不但品种将发展到2 000种,并且其中先进适用的中、高档数控机床的品种将从目前的20%提高到40%。

全国范围内众多制造设备大规模数控化的发展状况,直接导致了国内企业将集体面临数控机床设备操作、编程及维修人员的极度短缺。数控技术应用专业技能型人才的紧缺,已经成为制约我国制造业发展的重要因素。数控技术应用专业技能型紧缺人才的培养,已经成为我国高等职业教育中一项十分紧迫而艰巨的任务。教育部为此特别制定了高等职业院校数控技术技能型紧缺人才培养工程,以解决社会制造业人才需求增加与人才培养滞后的矛盾。

本书正是在这样的背景下编写而成的。本书以满足二年制高等职业教育人才培养为基本宗旨,以金属切削机床的基本知识为起点,在阐述数控机床基本原理的基础上,分别详尽地介绍了各种数控机床的结构与功能,总结分析了数控机床的典型结构,并对数控机床的选择使用、安装调试以及保养维修等方面的常识,进行了系统而全面的介绍,以帮助学习者从原理、结构、使用与维护等方面全面而系统地了解与熟悉数控机床。本书内容丰富翔实,图文并茂,通俗易懂。

本书由绪论和其余5章组成。其中,绪论由上海电机技术高等专科学校张晓青编写,第1章由上海电机技术高等专科学校夏凤芳编写,第2章由上海电机技术高等专科学校张晓青、新疆机电职业技术学院王辉编写,第3章由上海电机技术高等专科学校郁斌强编写,第4、5章由上海电机技术高等专科学校刘镒时编写,夏凤芳担任本书主编。

周维泉审阅了本书。本书在编写过程中,上海电机技术专科学校张静老师对本书中的文稿进行了大量的打印与校对工作。在此一并表示衷心的感谢。

由于水平与经验有限,书中难免存在错误和疏漏,望读者给予指正。

夏凤芳  
2004年8月

# 目 录

|                           |    |                         |     |
|---------------------------|----|-------------------------|-----|
| 绪论 .....                  | 1  | 第 2 章 数控机床 .....        | 61  |
| 一、数控机床的产生 .....           | 1  | 第 1 节 概述 .....          | 61  |
| 二、数控机床的基本概念 .....         | 1  | 一、数控机床的分类 .....         | 61  |
| 三、数控机床的加工原理 .....         | 2  | 二、数控机床的组成及工作原理 .....    | 63  |
| 四、数控机床的特点 .....           | 2  | 三、数控机床坐标系的确定 .....      | 64  |
| 五、数控机床在国民经济中的地位与作用 .....  | 3  | 四、数控机床的主要性能指标 .....     | 66  |
| 六、数控机床技术的发展趋势 .....       | 4  | 第 2 节 数控车床 .....        | 69  |
| 第 1 章 金属切削机床 .....        | 5  | 一、数控车床的用途与布局 .....      | 69  |
| 第 1 节 机床的基本知识 .....       | 5  | 二、数控车床的传动与结构 .....      | 73  |
| 一、金属切削机床的分类和型号的编制 .....   | 5  | 三、数控车床的液压原理图及换刀控制 ..... | 82  |
| 方法 .....                  | 5  | 第 3 节 数控铣床 .....        | 84  |
| 二、工件的表面形状及其形成 .....       | 11 | 一、数控铣床的用途与分类 .....      | 84  |
| 三、机床的运动 .....             | 14 | 二、数控铣床的传动系统 .....       | 87  |
| 四、机床的传动联系和传动原理图 .....     | 18 | 三、升降台自动平衡装置的工作原理 .....  | 90  |
| 第 2 节 车床 .....            | 20 | 第 4 节 加工中心 .....        | 91  |
| 一、概述 .....                | 20 | 一、概述 .....              | 91  |
| 二、CA6140 型卧式车床的传动系统 ..... | 20 | 二、加工中心的用途 .....         | 91  |
| 三、CA6140 型卧式车床的典型结构 ..... | 29 | 三、加工中心的分类 .....         | 92  |
| 第 3 节 磨床 .....            | 34 | 四、加工中心的结构 .....         | 93  |
| 一、概述 .....                | 34 | 五、车削加工中心和镗铣加工中心介绍 ..... | 94  |
| 二、M1432B 型万能外圆磨床 .....    | 35 | 六、典型镗铣加工中心介绍 .....      | 94  |
| 三、其他类型磨床 .....            | 37 | 第 5 节 电火花成形加工机床 .....   | 96  |
| 第 4 节 滚齿机 .....           | 40 | 一、电火花成形加工机床的用途和分类 ..... | 96  |
| 一、概述 .....                | 40 | 二、电火花成形加工机床的工作原理 .....  | 96  |
| 二、滚齿机的运动分析 .....          | 41 | 三、电火花成形加工机床的组成 .....    | 97  |
| 三、Y3150E 滚齿机 .....        | 44 | 第 6 节 电火花线切割机床 .....    | 98  |
| 第 5 节 其他机床 .....          | 49 | 一、电火花线切割机床的用途和分类 .....  | 98  |
| 一、钻床 .....                | 49 | 二、电火花线切割机床的工作原理 .....   | 99  |
| 二、镗床 .....                | 50 | 三、电火花线切割机床的组成 .....     | 99  |
| 三、铣床 .....                | 53 | 习题与思考题 .....            | 101 |
| 四、刨床和拉床 .....             | 54 | 第 3 章 数控机床的典型结构 .....   | 103 |
| 习题与思考题 .....              | 57 |                         |     |

|                          |     |                         |     |
|--------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 第1节 数控机床的主传动系统 .....     | 103 | 习题与思考题 .....            | 174 |
| 一、数控机床主传动系统的特点 .....     | 103 |                         |     |
| 二、数控机床主轴的调速方法 .....      | 104 |                         |     |
| 三、数控机床的主轴部件 .....        | 105 |                         |     |
| 第2节 数控机床的进给传动系统 .....    | 107 | 第4章 数控机床的选择与使用 .....    | 176 |
| 一、数控机床进给传动的特点 .....      | 107 | 第1节 数控机床的选择 .....       | 176 |
| 二、联轴器 .....              | 108 | 一、确定典型加工零件 .....        | 176 |
| 三、滚珠丝杠螺母副 .....          | 110 | 二、数控机床规格的选择 .....       | 177 |
| 四、齿轮传动装置 .....           | 116 | 三、机床精度的选择 .....         | 178 |
| 五、直线电动机进给系统 .....        | 121 | 四、数控系统的选择 .....         | 181 |
| 六、数控机床的导轨 .....          | 122 | 五、生产能力的估算 .....         | 182 |
| 第3节 换刀装置 .....           | 132 | 六、机床选择功能及附件的选择 .....    | 184 |
| 一、数控车床的自动转位刀架 .....      | 132 | 七、数控机床使用刀具(刀柄)的选择 ..... | 185 |
| 二、加工中心自动换刀装置 .....       | 134 | 八、技术服务功能的选择 .....       | 189 |
| 第4节 数控机床的辅助机构 .....      | 146 | 第2节 数控机床的使用 .....       | 189 |
| 一、数控回转工作台 .....          | 146 | 一、机床使用要点 .....          | 189 |
| 二、分度工作台 .....            | 150 | 二、使用数控机床的成套工程要求 .....   | 198 |
| 三、排屑装置 .....             | 155 | 习题与思考题 .....            | 201 |
| 第5节 位置检测装置 .....         | 157 | 第5章 数控机床的安装调试及          |     |
| 一、位置检测装置的分类 .....        | 157 | 保养维修 .....              | 202 |
| 二、磁尺位置检测装置 .....         | 158 | 第1节 数控机床的安装调试 .....     | 202 |
| 三、光栅位置检测装置 .....         | 160 | 一、安装调试的各项工作 .....       | 202 |
| 四、脉冲编码器 .....            | 162 | 二、新机床数控系统的连接与调整 .....   | 203 |
| 五、旋转变压器 .....            | 163 | 三、精度调试与功能调试 .....       | 205 |
| 六、感应同步器 .....            | 166 | 四、数控机床开机调试 .....        | 205 |
| 七、测速发电机 .....            | 168 | 第2节 数控机床的保养维修 .....     | 208 |
| 第6节 数控机床的液压传动系统 .....    | 170 | 一、数控机床保养的概念 .....       | 208 |
| 一、Star-Turn1200 型数控车床的液压 |     | 二、数控机床的故障诊断 .....       | 212 |
| 系统 .....                 | 170 | 三、数控机床的故障处置 .....       | 215 |
| 二、液压卡盘 .....             | 173 | 四、故障排除的一般方法 .....       | 217 |
| 三、尾座 .....               | 173 | 习题与思考题 .....            | 220 |
| 四、气动装置 .....             | 173 | 参考文献 .....              | 221 |

# 绪 论

## 一、数控机床的产生

随着“神舟”系列载人飞船的成功发射,宇航技术得到了人们的广泛关注。其实,和宇航部门一样,在造船、机床、重型机械及国防等许多领域,有许许多多的零件存在着精度要求高、形状复杂、加工批量小且改型频繁的特点。这些零件的数量占机械制造工业产品总量的 75% ~ 80%。如果采用普通机床来加工这些零件,不仅存在效率低、劳动强度大的问题,有时甚至不能加工;采用组合机床或自动化机床加工这类零件也会因为需要经常改装与调整设备,使得加工方案显得极不合理。

近年来随着单件小批量生产所占的比重越来越大,生产市场的竞争也变得日益激烈起来。生产厂商在提高产品质量的同时,还要通过频繁的改型来满足市场不断变化的需要。即使是大批量生产,也改变了产品长期一成不变的做法。

机械加工工艺过程的自动化是实现机械产品质量与生产率“双赢”的最重要的措施之一,它不仅能够提高产品的质量,提高生产率,降低生产成本,还能够大大改善工人的劳动条件。于是,一种新型的数字程序控制机床应运而生并逐渐被市场所接受,为单件小批量生产精密复杂零件提供了自动化的加工手段。

1952 年,美国麻省理工学院研制成功了世界上第一台数控机床——三坐标立式数控铣床,鉴于当时的历史条件,其数控系统采用的是电子管电路。1959 年 3 月,克耐·社列克公司开发出了世界上第一台加工中心,数控机床的发展道路从此迈进了加工中心的又一新阶段。从 1960 年开始,数控机床在各个方面都得到了迅速的发展,德国、日本等一些工业国家更是陆续地开发、生产数控机床,并将这种新技术在生产中予以广泛的应用。

1974 年,微处理器技术开始应用于数控机床,从根本上进一步促进了数控机床技术的飞速发展,也为数控技术的普及使用起到了极大的推动作用。20 世纪 80 年代初,国际上又出现了以一台或多台加工中心、车削中心为主体,再配以工件自动装卸和监控检验装置的柔性制造单元。近几十年来正是由于微电子和计算机技术的不断发展,数控机床的数控系统也得到了不断的更新,发展异常迅速。经测算,几乎每 2 ~ 3 年数控系统能得以更新换代一次。

## 二、数控机床的基本概念

数字控制(numerical control)简称数控,是一种利用数字化的信息对机床运动及加工过程进行控制的方法。将数控技术实施到加工控制中去的机床,或者说装备了数控系统的机床被称为数控(NC)机床。数控机床是机、电、液、气、光高度一体化的产品。要实现对机床的控制,需要用



几何信息对刀具与工件间的相对运动加以描述,同时还需要使用一定形式的信息来描述机床加工所必须具备的一些工艺参数,例如进给速度,主轴转速,主轴正、反转,换刀,冷却液的开关等。

通常情况下,数控系统包括数控装置、可编程控制器、主轴驱动器及进给装置等几个重要的组成部分。上述各种信息按一定的格式形成加工文件(即通常所说的数控加工程序)存放在信息载体上(如磁盘、穿孔纸带、磁带等),再由机床数控系统读入(或直接通过数控系统的键盘输入,或通过通信方式输入)。经过系统对这些信息进行的译码处理,利用处理所得到的指令去驱动驱动装置,从而使机床按照要求执行与工件之间的相对运动,进而完成金属切削,加工出符合要求的工件。

数控机床作为目前一种使用广泛、典型的机电一体化产品,综合应用了微电子技术、计算机技术、自动控制、精密测量和机床结构等方面的最新成就,是一种高效的自动化机床。数控机床的控制系统不仅能控制机床各种动作的先后顺序,还能控制机床运动部件的运动速度以及刀具相对工件的运动轨迹。由于数控机床集高效率、高精度和高柔性于一身,很好地代表了机床的主要发展方向,所以它已经逐步成为目前机械加工自动化生产过程中最具代表性的核心设备,并且成为计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等柔性加工和柔性制造系统的基础。

### 三、数控机床的加工原理

传统的金属切削机床加工零件时,往往是操作者依据工程图样的尺寸与技术要求,不断改变刀具与工件之间相对运动的参数,使刀具在对工件相对运动的过程中完成切削加工,最终得到符合要求的合格零件。

数控机床在加工的过程中,首先将刀具与工件的运动轨迹,按照坐标方向分割成一些最小的单位量,即最小位移量,然后由数控系统按照零件程序的要求,使刀具按照坐标的移动方向移动若干个最小位移量,从而实现刀具与工件的相对运动。数控机床正是通过控制刀具运动轨迹来完成零件加工的。刀具沿各坐标轴的相对运动,完全是以脉冲当量为单位的,脉冲当量的单位往往是 mm/脉冲。依据工件的尺寸形状,刀具的走刀轨迹为直线或圆弧时,数控装置在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”处理,求出一系列中间点的坐标值,然后按这些计算出来的中间点的坐标值,向各坐标输出脉冲数。这些脉冲数决定了刀具运动的方向与距离,使最终的运动轨迹与加工零件的外形完全吻合,从而保证加工出的工件具有最终需要的直线或圆弧轮廓。数控装置进行的这种“数据点的密化”称为插补,一般数控装置都具有通过基本函数进行插补的功能。

### 四、数控机床的特点

数控机床作为一种新型的自动化机床,在具有高自动化程度的同时,还具有广泛的通用性。在现代化的生产体系中,数控机床是实现柔性自动化最重要的环节,是发展柔性生产的基础。在通常的情况下,以下零件与产品比较适合使用数控机床进行加工:

- (1) 批量小(200 件以下)而又需要多次生产的零件。
- (2) 几何形状复杂的零件。
- (3) 在加工过程中必须进行多种加工的零件。

- (4) 切削余量大的零件。
- (5) 必须控制公差(即公差带范围小)的零件。
- (6) 工艺设计经常变化的零件。
- (7) 加工过程中的细小错误都会造成严重浪费的贵重零件。
- (8) 需全部检测的零件。

数控机床在加工这些零件的过程中,往往能显示出它的优越性。这是因为数控机床都具有以下一些共同的优点:

(1) 数控机床能缩短生产准备时间,增加切削加工时间的比率。最佳切削参数和最佳走刀路线的合理使用,能够大大缩短加工时间,提高生产率。

(2) 数控机床按照程序自动加工,不需要人工干预,而且还可以利用软件进行校正及补偿。因此,使用数控机床进行生产可以保证零件的加工精度,稳定产品质量。

(3) 只要改变程序,就能改变数控机床刀具与工件之间的相对运动轨迹,就可以加工不同的零件,使数控加工具备了广泛的适应性和较大的灵活性,从而能够完成很多普通机床难以完成或者根本不能加工的、具有复杂型面的零件的加工。

(4) 许多数控机床能够实现生产加工过程中的自动换刀,使得零件一次装夹之后,数控机床能够完成零件的多个加工部位的加工,真正实现了一机多用,大大节省了设备和厂房面积。

(5) 生产者可以精确计算生产成本,并对生产进度进行合理的安排,从而在一定程度上可以加速资金的周转,切实提高经济效益。

(6) 在一般情况下,数控机床在加工生产的过程中不需要特别的专用夹具,普通的通用夹具基本就能满足数控加工的要求。与普通机床相比,使用数控机床进行生产时,专用夹具设计制造和存放的费用可以大大减少。

(7) 运用数控机床进行生产,能够大大减轻工人的劳动强度。

## 五、数控机床在国民经济中的地位与作用

1948年,美国帕森斯公司在研制加工直升机叶片轮廓检验用样板的机床时,首先提出了应用电子计算机控制机床来加工样板曲线的设想。后来在美国空军的委托下,帕森斯公司与麻省理工学院伺服机构研究所合作进行研制工作,并于1952年成功试制了世界上第一台三坐标立式数控铣床。后来经过一系列改进以及自动编程技术的研究,于1955年进入实用阶段,这对当时加工复杂曲面以及促进美国飞机制造业的发展都起到了极其重要的作用。这是在人类制造生产史中,数控加工技术第一次发挥出了巨大的作用。

在科学技术不断发展的今天,数控机床有了飞跃的发展,在机械制造业中的地位自然就显得愈来愈重要。早在1987年,日本数控机床的数量就达到了70 255台,占机床总数的8.9%;1989年美国数控机床的比例也达到了7.9%。

我国早在1958年就开始了数控机床的研制工作。1990年我国机床总数为3 170 000台,其中数控机床仅23 500台,只占机床总数的0.74%。机械工业景气监测中心2002年《中国数控机床现状分析》报告指出,2001年我国机床工业产值已名列世界第5名,同年国内数控金属切削机床产量已达1.8万台,比上年增长28.5%。金属切削机床行业产值数控化率从2000年的17.4%提高到2001年的22.7%。

近年来,在国外的数控系统与伺服系统制造技术突飞猛进的大背景下,通过大量的技术引进,我国数控机床在品种、数量和质量方面都得到了全面而迅速的发展。2002年《中国数控机床现状分析》报告指出,我国数控机床新品开发势头良好,高技术含量产品占据主导地位;同时数控机床产量大幅度增长,数控化率显著提高,在关键配套产品上有了很大的突破;我国机床的进口额呈逐年上升态势,2001年进口机床跃升至世界第2位,达24.06亿美元,比上年增长27.3%。近年来,我国出口额增幅较大的数控机床有数控车床、数控磨床、数控特种加工机床、数控剪板机、数控成形折弯机、数控压铸机等。

虽然近年来我国企业的数控机床占有率逐年上升,但除少量机床以FMS模式集成使用外,大都处于单机运行状态,并且相当部分处于使用效率不高、管理方式落后的状态。

## 六、数控机床技术的发展趋势

时代和社会生产力的不断发展,都要求数控系统与数控机床技术向更高的水平与层次迈进。目前,数控机床技术正呈现如下发展趋势:

### 1. 高精度化

当前机械加工高精度的要求如下:普通的加工精度提高一倍,达到 $5\text{ }\mu\text{m}$ ,精密加工精度提高两个数量级,超精密加工精度进入纳米级( $0.001\text{ }\mu\text{m}$ ),主轴回转精度要求达到 $0.01\sim0.05\text{ }\mu\text{m}$ ,加工圆度精度为 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ ,加工表面粗糙度值 $Ra=0.003\text{ }\mu\text{m}$ 等。现代科学技术与生产的发展,对机械加工与测量提出了越来越高的精度要求。这不仅是高新技术发展的需要,也是提高普通机电产品的性能、质量、寿命和可靠性的需要,还是减少机械产品修配工作量、提高装配效率的需要。

### 2. 运动高速化

要提高生产率,首先就得提高切削速度,高速是高效的基础。实现这个目标的最主要、最直接的方法就是提高切削速度和减少辅助时间。数控机床的“高速化”主要体现在主轴转速和进给速度的提高上,提高主轴转速是提高切削速度的最直接、最有效的方法。

### 3. 高柔性化

柔性是指机床适应加工对象变化的能力。柔性自动化加工的出现,能够满足加工对象小批量多品种、变换频繁的特点。在提高单机柔性化的同时,还要努力向系统柔性化的方向发展,例如增加不同容量的刀库和自动换刀机械手、增加第二主轴、增加交换工作台装置、配以工业机器人和自动运输小车等,从而组成新的加工中心、柔性加工单元(FMC)或柔性制造系统。

### 4. 智能化

智能化的内容在数控系统中应该包括追求加工效率和加工质量,提高驱动性能及使用连接方便,简化编程与操作,智能诊断与监控等很多方面。

# 第1章 金属切削机床

**学习目标:**掌握金属切削机床的主要分类、基本组成、加工范围、运动传递关系、典型机械结构及其工作原理。

**本章导读:**为学习数控机床的分类、结构、工作原理提供基础知识;为车(铣)工、钳工等操作提供理论指导。

## 第1节 机床的基本知识

### 一、金属切削机床的分类和型号的编制方法

我国的机床工业已经形成了门类齐全、品种规格众多的工业体系。为了便于区别、使用和管理,应该有一套科学而且合理的分类和型号的编制方法。

#### 1. 机床的分类

机床有多种分类方法。最基本的分类方法是以机床的加工性质和所用的刀具将通用机床分为12大类: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。在每一类机床中,又按工艺特点、布局形式和结构特性的不同分为若干组,每一组又细分为若干系(系列)。

除了上述基本分类方法外,机床还可按其他特征进行分类。

若以工艺范围(通用性程度)为特征,机床可分为通用机床(或称万能机床)、专门化机床和专用机床。通用机床可完成多种工序,可加工该工序范围内多种类型的零件,其工艺范围较宽,通用性较好,但结构较复杂,如卧式车床、万能外圆磨床、万能升降台铣床、摇臂钻床等,这类机床主要适用于单件小批量生产;专门化机床则用于加工某一类或几类零件的某一道或几道特定工序,其工艺范围较窄,如曲轴车床、凸轮轴车床、丝杠铣床等;专用机床的工艺范围最窄,通常只能完成某一特定零件的特定工序,如汽车、拖拉机制造企业中大量使用的各种组合机床。这类机床适用于大批大量生产。

若以加工精度为特征,机床可分为普通精度机床、精密机床和高精度机床。

若以自动化程度为特征,机床可分为手动、机动、半自动和自动机床。

若以质量和尺寸大小为特征,机床可分为仪表机床、中型机床、大型机床(质量达到10 t)、重

型机床(质量在 30 t 以上)和超重型机床(质量在 100 t 以上)。

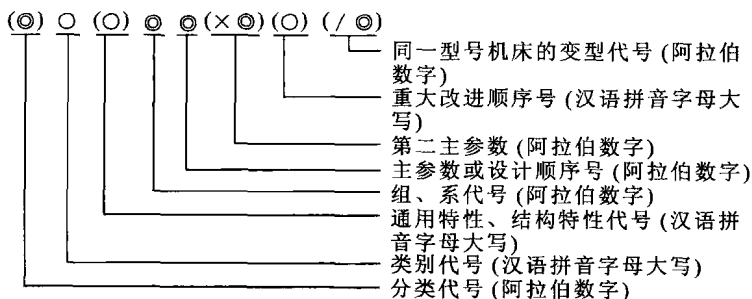
此外,机床还可以按其主要部件的数量分为单轴、多轴或单刀、多刀机床等。

通常,机床根据加工性质进行分类,再根据其某些特点做进一步描述,如多刀半自动车床、多轴自动车床等。

## 2. 机床型号的编制方法

机床型号是机床产品的代号,用以简明地表示机床的类型、通用性和结构特性及主要技术参数等。我国现行的机床型号是按 1994 年颁布的标准“GB/T 15375—1994 金属切削机床型号编制方法”编制的。此标准规定,机床型号由汉语拼音字母和数字按一定的规律组合而成。

通用机床型号的表示方法:



注: 1. 有“( )”的代号或数字, 当无内容时则不表示, 若有内容则不带括号。

2. 有“○”符号者, 为大写的汉语拼音字母。

3. 有“◎”符号者, 为阿拉伯数字。

通用机床的型号说明如下:

(1) 机床的类别代号 它用大写的汉语拼音字母表示。如“车床”的汉语拼音是“Chechuang”, 所以用“C”表示。当需要分成若干类时, 分类代号用阿拉伯数字表示, 位于类别代号之前, 但第一分类号不予表示, 如磨床类分为 M、2M、3M 三个分类。通用机床的类别代号和分类代号见表 1-1。

表 1-1 通用机床的类别代号和分类代号

| 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 | 特种加工机床 | 锯床 | 其他机床 |
|----|----|----|----|----|-----|-----|--------|--------|----|-----|----|--------|----|------|
| 代号 | C  | Z  | T  | M  | 2M  | 3M  | Y      | S      | X  | B   | L  | D      | G  | Q    |
| 读音 | 车  | 钻  | 镗  | 磨  | 2 磨 | 3 磨 | 牙      | 丝      | 铣  | 刨   | 拉  | 电      | 割  | 其    |

(2) 机床的特性代号 它包括通用特性代号和结构特性代号, 也用大写的汉语拼音字母表示。

1) 通用特性代号 当某类机床除有普通型外, 还有某些通用特性时, 在类别代号之后加通用特性代号予以区分。通用特性的代号在各类机床中所表示的意义相同, 见表 1-2。

表 1-2 机床通用特性代号

| 通用特性 | 高精度 | 精密 | 自动 | 半自动 | 数控 | 加工中心<br>(自动换刀) | 仿形 | 轻型 | 加重型 | 简式或<br>经济型 | 高速 |
|------|-----|----|----|-----|----|----------------|----|----|-----|------------|----|
| 代号   | G   | M  | Z  | B   | K  | H              | F  | Q  | C   | J          | S  |
| 读音   | 高   | 密  | 自  | 半   | 控  | 换              | 仿  | 轻  | 重   | 简          | 速  |

2) 结构特性代号 为了区别主参数相同而结构、性能不同的机床,在类别代号之后加结构特性代号予以区别。如机床已有通用特性代号,结构特性代号应排在其后。为避免混淆,通用特性已用过的字母及字母“I”和“O”不能作为结构特性代号。

(3) 机床的组、系代号 它用两位数字表示,前者表示组,后者表示系。每类机床按用途、性能、结构分为10组(即0~9组),每组又分为10个系列(即0~9系列),见表1-3和表1-4。

表1-3 金属切削机床类、组划分表

| 组别<br>类别 |    | 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、辊、锭及铲齿车床    | 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      | 铰钻床       | 中心孔钻床           |              |
| 镗床 T     |    |         |          | 深孔镗床       |          | 坐标镗床      | 立式镗床      | 卧式铰镗床     | 精镗床       | 汽车、拖拉机修理用镗床     |              |
| 磨床       | M  | 仪表磨床    | 外圆磨床     | 内圆磨床       | 砂轮机      |           | 导轨磨床      | 刀具刃磨床     | 平面及端面磨床   | 曲轴、凸轮轴、花键轴及轧辊磨床 | 工具磨床         |
|          | 2M |         | 超精机      | 内、外圆珩磨机    | 平面、球面珩磨机 | 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             | 其他磨床         |
|          | 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  | 滚子及钢球加工机床 | 叶片磨削机床    | 滚子超精及磨削机床 |           | 气门、活塞及活塞环磨削机床   | 汽车、拖拉机零件修磨机床 |
| 齿轮加工机床 Y |    | 仪表齿轮加工机 |          | 锥齿轮加工机     | 滚齿机      | 剃齿及珩齿机    | 插齿机       | 花键轴铣床     | 齿轮磨齿机     | 其他齿轮加工机         | 齿轮倒角及检查机     |
| 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   | 床身式铣床     | 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     | 键槽及螺旋纹拉床        | 其他拉床         |
| 特种加工机床 D |    |         | 超声波加工机   | 电解磨床       | 电解加工机    |           |           | 电火花磨床     | 电火花加工机    |                 |              |
| 锯床 G     |    |         |          | 砂轮片锯床      |          | 卧式带锯床     | 立式带锯床     | 圆锯床       | 弓锯床       | 刨锯床             |              |
| 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       |           |           |                 |              |

表 1-4 常用机床组、系代号及主参数

| 类 | 组 | 系 | 机 床 名 称   | 主参数的<br>折算系数 | 主参数       | 第二主参数  |
|---|---|---|-----------|--------------|-----------|--------|
| 车 | 1 | 1 | 单轴纵切自动车床  | 1            | 最大棒料直径    |        |
|   | 1 | 2 | 单轴模切自动车床  | 1            | 最大棒料直径    |        |
|   | 1 | 3 | 单轴转塔自动车床  | 1            | 最大棒料直径    |        |
|   | 2 | 1 | 多轴棒料自动车床  | 1            | 最大棒料直径    | 轴数     |
|   | 2 | 2 | 多轴卡盘自动车床  | 1/10         | 卡盘直径      | 轴数     |
|   | 2 | 6 | 立式多轴半自动车床 | 1/10         | 最大车削直径    | 轴数     |
|   | 3 | 0 | 回轮车床      | 1            | 最大棒料直径    |        |
|   | 3 | 1 | 滑板转塔车床    | 1/10         | 最大车削直径    |        |
|   | 3 | 3 | 滑枕转塔车床    | 1/10         | 最大车削直径    |        |
|   | 4 | 1 | 万能曲轴车床    | 1/10         | 最大工件回转直径  | 最大工件长度 |
|   | 4 | 6 | 万能凸轮轴车床   | 1/10         | 最大工件回转直径  | 最大工件长度 |
|   | 5 | 1 | 单柱立式车床    | 1/100        | 最大车削直径    | 最大工件高度 |
|   | 5 | 2 | 双柱立式车床    | 1/100        | 最大车削直径    | 最大工件高度 |
|   | 6 | 0 | 落地车床      | 1/100        | 最大工件回转直径  | 最大工件长度 |
|   | 6 | 1 | 卧式车床      | 1/10         | 床身上最大回转直径 | 最大工件长度 |
|   | 6 | 2 | 马鞍车床      | 1/10         | 床身上最大回转直径 | 最大工件长度 |
|   | 6 | 4 | 卡盘车床      | 1/10         | 床身上最大回转直径 | 最大工件长度 |
|   | 6 | 5 | 球面车床      | 1/10         | 刀架上最大回转直径 | 最大工件长度 |
|   | 7 | 1 | 仿形车床      | 1/10         | 刀架上最大回转直径 | 最大工件长度 |
|   | 7 | 5 | 多刀车床      | 1/10         | 刀架上最大回转直径 | 最大工件长度 |
|   | 7 | 6 | 卡盘多刀车床    | 1/10         | 刀架上最大回转直径 |        |
|   | 8 | 4 | 轧辊车床      | 1/10         | 最大工件直径    | 最大工件长度 |
|   | 8 | 9 | 铲齿车床      | 1/10         | 最大工件直径    | 最大模数   |
|   | 9 | 1 | 多用车床      | 1/10         | 床身上最大回转直径 | 最大工件长度 |
| 钻 | 1 | 3 | 立式坐标镗钻床   | 1/10         | 工作台面宽度    | 工作台面长度 |
|   | 2 | 1 | 深孔钻床      | 1/10         | 最大钻孔直径    | 最大钻孔深度 |
|   | 3 | 0 | 摇臂钻床      | 1            | 最大钻孔直径    | 最大跨距   |
|   | 3 | 1 | 万向摇臂钻床    | 1            | 最大钻孔直径    | 最大跨距   |
|   | 4 | 0 | 台式钻床      | 1            | 最大钻孔直径    |        |
|   | 5 | 0 | 圆柱立式钻床    | 1            | 最大钻孔直径    |        |
|   | 5 | 1 | 方柱立式钻床    | 1            | 最大钻孔直径    |        |
|   | 5 | 2 | 可调多轴立式钻床  | 1            | 最大钻孔直径    | 轴数     |
|   | 8 | 1 | 中心孔钻床     | 1/10         | 最大工件直径    | 最大工件长度 |
|   | 8 | 2 | 平端面中心孔钻床  | 1/10         | 最大工件直径    | 最大工件长度 |
| 镗 | 4 | 1 | 单柱坐标镗床    | 1/10         | 工作台面宽度    | 工作台面长度 |
|   | 4 | 2 | 双柱坐标镗床    | 1/10         | 工作台面宽度    | 工作台面长度 |
|   | 4 | 5 | 卧式坐标镗床    | 1/10         | 工作台面宽度    |        |
|   | 6 | 1 | 卧式铣镗床     | 1/10         | 镗轴直径      |        |
|   | 6 | 2 | 落地镗床      | 1/10         | 镗轴直径      | 铣轴直径   |
|   | 6 | 9 | 落地铣镗床     | 1/10         | 镗轴直径      | 工作台面长度 |

续表

| 类      | 组 | 系 | 机 床 名 称  | 主参数的<br>折算系数 | 主 参 数    | 第二主参数       |
|--------|---|---|----------|--------------|----------|-------------|
| 镗床     | 7 | 0 | 单面卧式精镗床  | 1/10         | 工作台面宽度   | 工作台面长度      |
|        | 7 | 1 | 双面卧式精镗床  | 1/10         | 工作台面宽度   |             |
|        | 7 | 2 | 立式精镗床    | 1/10         | 最大镗轴直径   |             |
| 磨床     | 0 | 4 | 抛光机      |              | —        |             |
|        | 0 | 6 | 刀具磨床     |              | —        |             |
|        | 1 | 0 | 无心外圆磨床   | 1            | 最大磨削直径   |             |
|        | 1 | 3 | 外圆磨床     | 1/10         | 最大磨削直径   | 最大磨削长度      |
|        | 1 | 4 | 万能外圆磨床   | 1/10         | 最大磨削直径   | 最大磨削长度      |
|        | 1 | 5 | 宽砂轮外圆磨床  | 1/10         | 最大磨削直径   | 最大磨削长度      |
|        | 1 | 6 | 端面外圆磨床   | 1/10         | 最大回转直径   | 最大工件长度      |
|        | 2 | 1 | 内圆磨床     | 1/10         | 最大磨削直径   | 最大磨削深度      |
|        | 2 | 5 | 立式行星内圆磨床 | 1/10         | 最大磨削直径   | 最大磨削深度      |
|        | 2 | 9 | 坐标磨床     | 1/10         | 工作台面宽度   | 工作台面长度      |
|        | 3 | 0 | 落地砂轮机    | 1/10         | 最大砂轮直径   |             |
|        | 5 | 0 | 落地导轨磨床   | 1/100        | 最大磨削直径   | 最大磨削长度      |
|        | 5 | 2 | 龙门导轨磨床   | 1/100        | 最大磨削直径   | 最大磨削长度      |
|        | 6 | 0 | 万能工具磨床   | 1/10         | 最大回转直径   | 最大工件长度      |
|        | 6 | 3 | 转头刀磨床    | 1            | 最大刃磨转头直径 |             |
|        | 7 | 1 | 卧轴矩台平面磨床 | 1/10         | 工作台面宽度   | 工作台面长度      |
|        | 7 | 3 | 卧轴圆台平面磨床 | 1/10         | 工作台面直径   |             |
|        | 7 | 4 | 立轴圆台平面磨床 | 1/10         | 工作台面直径   |             |
|        | 8 | 2 | 曲轴磨床     | 1/10         | 最大回转直径   | 最大工件长度      |
|        | 8 | 3 | 凸轮磨床     | 1/10         | 最大回转直径   | 最大工件长度      |
| 齿轮加工机床 | 8 | 6 | 花键轴磨床    | 1/10         | 最大磨削直径   | 最大磨削长度      |
|        | 9 | 0 | 工具曲线磨床   | 1/10         | 最大磨削长度   |             |
|        | 2 | 0 | 弧齿锥齿轮磨齿机 | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 2 | 2 | 弧齿锥齿轮铣齿机 | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 2 | 3 | 直齿锥齿轮刨齿机 | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 3 | 1 | 滚齿机      | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 3 | 6 | 卧式滚齿机    | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数或最大工件长度 |
|        | 4 | 2 | 剃齿机      | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 4 | 6 | 珩齿机      | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 5 | 1 | 插齿机      | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 6 | 0 | 花键轴铣床    | 1/10         | 最大铣削直径   | 最大铣削长度      |
|        | 7 | 0 | 蝶形砂轮磨齿机  | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 7 | 1 | 锥形砂轮磨齿机  | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 7 | 2 | 蜗形砂轮磨齿机  | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 8 | 0 | 车齿机      | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 9 | 3 | 齿轮倒角机    | 1/10         | 最大工件直径   | 最大模数        |
|        | 9 | 9 | 齿轮噪声检查机  | 1/10         | 最大工件直径   |             |



续表

| 类                          | 组 | 系 | 机 床 名 称  | 主参数的<br>折算系数 | 主参数     | 第二主参数   |
|----------------------------|---|---|----------|--------------|---------|---------|
| 螺<br>纹<br>加<br>工<br>机<br>床 | 3 | 0 | 套丝机      | 1            | 最大套丝直径  |         |
|                            | 4 | 8 | 卧式攻丝机    | 1/10         | 最大攻丝直径  | 轴数      |
|                            | 6 | 0 | 丝杠铣床     | 1/10         | 最大铣削直径  | 最大铣削长度  |
|                            | 6 | 2 | 短螺纹铣床    | 1/10         | 最大铣削直径  | 最大铣削长度  |
|                            | 7 | 4 | 丝杠磨床     | 1/10         | 最大工件直径  | 最大工件长度  |
|                            | 7 | 5 | 万能螺纹磨床   | 1/10         | 最大工件直径  | 最大工件长度  |
|                            | 8 | 6 | 丝杠车床     | 1/10         | 最大工件直径  | 最大工件长度  |
|                            | 8 | 9 | 短螺纹车床    | 1/10         | 最大车削直径  | 最大车削长度  |
| 铣<br>床                     | 2 | 0 | 龙门铣床     | 1/100        | 工作台面宽度  | 工作台面长度  |
|                            | 3 | 0 | 圆台铣床     | 1/10         | 工作台面直径  |         |
|                            | 4 | 3 | 平面仿形铣床   | 1/10         | 最大铣削宽度  | 最大铣削长度  |
|                            | 4 | 4 | 立体仿形铣床   | 1/10         | 最大铣削宽度  | 最大铣削长度  |
|                            | 5 | 0 | 立式升降台铣床  | 1/10         | 工作台面宽度  | 工作台面长度  |
|                            | 6 | 0 | 卧式升降台铣床  | 1/10         | 工作台面宽度  | 工作台面长度  |
|                            | 6 | 1 | 万能升降台铣床  | 1/10         | 工作台面宽度  | 工作台面长度  |
|                            | 7 | 1 | 床身铣床     | 1/100        | 工作台面宽度  | 工作台面长度  |
|                            | 8 | 1 | 万能工具铣床   | 1/10         | 工作台面宽度  | 工作台面长度  |
|                            | 9 | 2 | 键槽铣床     | 1            | 最大键槽宽度  |         |
| 刨<br>插<br>床                | 1 | 0 | 悬臂刨床     | 1/100        | 最大刨削宽度  | 最大刨削长度  |
|                            | 2 | 0 | 龙门刨床     | 1/100        | 最大刨削宽度  | 最大刨削长度  |
|                            | 2 | 2 | 龙门铣磨刨床   | 1/100        | 最大刨削宽度  | 最大刨削长度  |
|                            | 5 | 0 | 插床       | 1/10         | 最大插削长度  |         |
|                            | 6 | 0 | 牛头刨床     | 1/10         | 最大插削长度  |         |
|                            | 8 | 8 | 模具刨床     | 1/10         | 最大刨削宽度  | 最大刨削长度  |
| 拉<br>床                     | 3 | 1 | 卧式外拉床    | 1/10         | 额定拉力    | 最大行程    |
|                            | 4 | 3 | 连续拉床     | 1/10         | 额定拉力    |         |
|                            | 5 | 1 | 立式内拉床    | 1/10         | 额定拉力    | 最大行程    |
|                            | 6 | 1 | 卧式内拉床    | 1/10         | 额定拉力    | 最大行程    |
|                            | 7 | 1 | 立式外拉床    | 1/10         | 额定拉力    | 最大行程    |
|                            | 9 | 1 | 气缸体平面拉床  | 1/10         | 额定拉力    | 最大行程    |
| 特<br>种<br>加<br>工<br>机<br>床 | 1 | 1 | 超声波穿孔机   | 1/10         | 最大功率    |         |
|                            | 2 | 5 | 电解车刀刃磨床  | 1/10         | 最大车刀宽度  | 最大车刀厚度  |
|                            | 7 | 1 | 电火花成形机   | 1/10         | 工作台面宽度  | 工作台面长度  |
|                            | 7 | 7 | 电火花线切割机  | 1/10         | 工作台横向行程 | 工作台纵向行程 |
| 锯<br>床                     | 5 | 1 | 立式带锯床    | 1/10         | 最大工件高度  |         |
|                            | 6 | 0 | 卧式圆锯床    | 1/100        | 最大圆锯片直径 |         |
|                            | 7 | 1 | 卧式弓锯床    | 1/10         | 最大锯削直径  |         |
| 其<br>他<br>机<br>床           | 1 | 6 | 管接头车丝机   | 1/10         | 最大加工直径  |         |
|                            | 2 | 1 | 木螺钉螺纹加工机 | 1            | 最大工件直径  | 最大工件长度  |
|                            | 4 | 0 | 圆刻线机     | 1/100        | 最大加工直径  |         |
|                            | 4 | 1 | 长刻线机     | 1/100        | 最大加工长度  |         |