

新世纪高职高专教改项目成果教材

机械加工设备及工装

韩洪涛 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是新世纪高职高专教改项目成果教材,是根据教育部制定的《高职高专教育机械类专业人才培养目标及规格》要求编写的。本书以机械加工设备为主线,融入机床、夹具、刀具及机械加工测量等内容,成为一个独立的加工及检测系统,在阐明原理的基础上更加突出实用技术的应用性,从而突出了对学生的知识、能力及素质的培养。

本书分为上、下两篇,共11章。上篇包括金属切削机床、金属切削刀具、机床夹具及量具的基础内容;下篇主要讲解车削加工、铣削加工、磨削加工、齿轮加工、钻削加工、镗削加工及其它加工方法,每种加工中包括工件加工所需的设备、刀具、夹具及测量方法等内容。每章后均附有习题与思考题。

本书可作为高职高专机械制造及其自动化专业、机电一体化专业和其它相近专业的教材,也可作为机械、机电类技术人员的参考书或培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工设备及工装 / 韩洪涛主编. —北京:高等教育出版社, 2004. 8

ISBN 7-04-014681-9

I. 机... II. 韩... III. ①机械加工-机械设备-高等学校:技术学校-教材 ②机械加工-工艺装备-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TG502②TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第067124号

策划编辑 赵亮 责任编辑 张春英 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 范晓红 责任校对 杨雪莲 责任印制

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 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷

开 本 787×1092 1/16
印 张 19.5
字 数 470 000

版 次 年 月第1版
印 次 年 月第 次印刷
定 价 24.5 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

出版说明

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》,研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施,整体推进高职高专教学改革,教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》(教高[2000]3 号,以下简称《计划》)。《计划》的目标是:“经过五年的努力,初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面,重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革,先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时,为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》(教高[2000]2 号)的精神,教育部高等教育司决定从 2000 年起,在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校的职业技术学院(以下简称高职高专院校)中广泛开展专业教学改革试点工作,目标是:在全国高职高专院校中,遴选若干专业点,进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点。经过几年的努力,力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业,推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来,各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力,在高职高专教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践,取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以固化并更好地推广,从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量,我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨,并从中遴选出了一批较为成熟的成果,组织编写了一批“新世纪高职高专教改项目成果”教材。这些教材结合教改项目成果,反映了最新的教学改革方向,很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社
2002 年 11 月 30 日

前 言

本书是新世纪高职高专教改项目成果教材,是根据教育部制定的《高职高专教育机械类专业人才培养目标及规格》要求编写的。

针对高职高专教育的特点及培养应用型专门人才的需要,作者将原来的金属切削机床概论、金属切削原理与刀具、机床夹具、机械测量技术等课程整合成机械加工设备及工装课程。书中以加工设备为主线,融入机床、夹具、刀具及机械加工测量等内容,成为一个独立的加工及检测系统,在阐明原理的基础上更加突出技术的应用性,从而突出了对学生的知识、能力及素质的培养,使学生在有限的学时内,获得必要的知识和能力。

在编写过程中,本书力求内容全面、语言简练、通俗易懂、重点突出、实用性强。

全书分为上、下两篇,共11章,分别为基础篇和制造篇。基础篇包括金属切削机床、金属切削刀具、机床夹具、测量技术基础等基础内容,制造篇包括车削加工、铣削加工、磨削加工、齿轮加工、钻削加工、镗削加工及其它加工方法等内容,包括了机床、刀具、夹具的应用和具体的检测方法。每章后附有习题与思考题,供学生练习。

本书建议学时为80~100学时,其中基础篇约需25~30学时,制造篇约需55~70学时。

本书由韩洪涛主编,姜甘元、耿振海副主编,陈则钧主审。其中:韩洪涛编写第一章,第八章的第一节、第二节;姜甘元编写第四章、第八章第四节;耿振海编写第二章,第五章第三节、第四节;李世军编写第三章;陈岩编写第十章、第十一章;莫华林编写第六章;王士学编写第五章第一节、第二节;李晋山编写第九章;栗洪照编写第七章、第八章第三节。

本书可作为高职高专机械制造及其自动化专业、机电一体化专业及其它相近专业的教学用书,也可作为机械、机电类技术人员的技术参考书或培训教材。

本书在编写过程中曾得到了许多兄弟院校同行、专家的大力支持和帮助。北京市职工大学陈则钧教授、河南科技大学张洛平教授对全书进行了认真细致的审阅并提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,加上编写时间仓促,书中难免有不妥与错误之处,恳请各位专家和同行批评指正。

编者

2004年3月

目 录

上篇 基础篇

第一章 金属切削机床

- 第一节 金属切削机床概述
- 第二节 机床的分类和型号编制
- 第三节 金属切削机床的运动
- 第四节 机床的传动
- 习题与思考题

第二章 金属切削刀具

- 第一节 刀具的几何角度及其标注
- 第二节 刀具的材料
- 第三节 切削力
- 第四节 刀具的磨损与耐用度
- 第五节 刀具几何参数的合理选择
- 习题与思考题

第三章 机床夹具

第一节 概述

- 第二节 工件定位的基本原理
- 第三节 常用的工件定位方法及其定位元件
- 第四节 定位误差的分析与计算
- 第五节 夹紧装置与夹紧力的确定
- 第六节 基本夹紧机构
- 习题与思考题

第四章 测量基础

- 第一节 测量概述
- 第二节 测量方法和测量器具
- 第三节 测量误差和测量精度
- 第四节 机床的精度与检测
- 习题与思考题

下篇 制造篇

第五章 车削加工

- 第一节 车床
- 第二节 车刀
- 第三节 车床夹具
- 第四节 车削典型零件测量
- 习题与思考题

第六章 铣削加工

- 第一节 铣床
- 第二节 铣刀
- 第三节 铣床夹具
- 第四节 铣削加工零件的检测
- 习题与思考题

第七章 磨削加工

- 第一节 磨床

第二节 磨具

- 习题与思考题

第八章 齿轮加工

- 第一节 齿轮加工方法
- 第二节 齿轮加工机床
- 第三节 齿轮加工刀具
- 第四节 齿轮测量
- 习题与思考题

第九章 钻削加工

- 第一节 钻床
- 第二节 钻削刀具
- 第三节 钻床夹具
- 习题与思考题

第十章 镗削加工

第一节 镗床

第二节 镗刀

第三节 镗床夹具

习题与思考题

第十一章 其它加工方法

第一节 拉削加工

第二节 刨插加工

第三节 螺纹加工

第四节 螺纹的检测

习题与思考题

附录一 常用机床组、系代号及主参数

附录二 机构运动简图符号

(摘自 GB/T 4460—1984)

附录三 定位夹紧符号

附录四 固定式定位销

(JB/T 8014.2—1999)

参考文献

上篇 基础篇

第一章 金属切削机床

第一节 金属切削机床概述

金属切削机床是利用刀具对金属毛坯进行切削的一种加工设备。即,金属切削机床是一种制造机器的机器,可称之为工作母机,通常简称为机床。

一切机器都是由机器零件组成的。制造机器零件的方法很多,如铸造、锻造、焊接、冲压、挤压、切削加工等。但对于尺寸精度、形状位置精度要求较高,以及具有较高表面粗糙度要求的零件,一般都需用切削加工的方法制造。因此,金属切削机床是加工机器零件的主要设备,在各类机器制造部门所拥有的装备中,机床占50%以上,它所担负的工作量占机械制造总工作量的40%~60%。机床的技术水平高低直接影响机械产品的质量和零件制造的经济性。

制造技术是各国经济发展的重要支柱之一,经济的成功在很大程度上得益于先进的制造技术,而机床是机械制造技术的重要载体,它标志着一个国家的生产能力和技术水平。机床工业是国民经济的一个重要先行部门,担负着为国民经济各部门提供现代化技术装备的任务,在国民经济发展中发挥着重要的作用。

金属切削机床是人类在长期改造自然的斗争中,不断改善生产工具的产物。金属切削机床的出现,推动了社会生产力的发展,而工业的发展及不断涌现的科学技术成果又使机床本身得以不断发展。

18世纪中叶,为适应产业革命后出现的资本主义机器大工业生产方式的需要,出现了现代机床的雏形。早期的机床以蒸汽机为动力,加工精度不高,如最早的汽缸镗床的加工精度约为1mm左右。19世纪至20世纪初,机床的动力源由蒸汽机改为电动机,并一直沿用至今。在其后将近百年的发展过程中,随着机械制造业及其相关行业的发展,机床工业不断改进设计基础理论,使用新技术、新材料、新工艺及新的试验方法,使金属切削机床在品种上及技术性能上得到了迅速的发展。

当前机床技术发展的主要方向为:

(1) 扩大机床加工工艺范围 为减少工件装夹次数,提高机床生产效率及加工精度,要求毛

还安装到机床上后能完成尽可能多的工序。目前,一台数控镗铣床(通常称为加工中心)可对一次装夹零件进行5面加工或全部工序加工,在有的车削中心上可进行车、铣、钻(径向或轴向孔)、车螺纹、铰、镗、滚压、磨和测量等多种工序。

(2) 提高机床加工精度 近年来,随着新技术及新切削材料的使用,机床工作精度日益提高。目前,超精数控机床的定位精度可达 $0.05 \sim 0.1 \mu\text{m}$,精密车床采用金刚石刀具加工可达到 $0.05 \mu\text{m}$ 的加工精度,高精度磨床则可获得更高的加工精度;超精度加工已进入纳米($0.001 \mu\text{m}$)时代。

(3) 提高切削速度 缩短辅助时间 随着高速轴承及高速主轴部件的出现,机床主轴的转速已获得极大提高,从而提高了机床的加工效率。当前,一般加工中心主轴转速可达 $6\,000 \sim 12\,000 \text{ r/min}$,而高速加工机床主轴的最高转速可达 $20\,000 \sim 30\,000 \text{ r/min}$,内圆磨床转速可达每分钟几万至几十万转。随着主轴转速的提高,切削速度也有很大提高,如高速铣削铝制变速箱体时,切削速度可高达 $2\,500 \sim 3\,000 \text{ m/min}$ 。

为了提高生产效率,缩短机床辅助时间也成为改进机床性能的一个重要方面。多数加工中心自动换刀时间在 5 s 以内,先进的仅需 1 s 。随着驱动和控制技术的进步,目前加工中心进给部件的快速移动速度,当采用滚珠丝杠驱动时可达 $40 \sim 60 \text{ m/min}$,高速加工中心可达 90 m/min ;采用直线电动机驱动时,快速移动速度高达 120 m/min ,加速度为 $1.4g \sim 2g$ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)。

(4) 机床自动化程度日益提高 随着微电子技术、计算机技术的不断发展,机床的自动化程度越来越高。数控机床的出现可说是机床自动化技术发展的里程碑。在发达国家,计算机数控机床(CNC)已成为机床制造业的主导产品。计算机不仅可直接控制机床的加工过程,而且可担当起控制工件测量、监控刀具磨损及破损、控制工件自动供给等工作,大大提高了机床的自动化程度。

总之,高效、柔性生产自动化、精密化及产品多样化已成为机床发展的趋势。

解放后50多年来,我国机床工业逐步形成了布局比较合理、门类齐全的工业体系,机床的拥有量和销售量已进入世界前列,在机床的品种、质量和性能等方面也有很大的发展和提高,有些机床已接近世界先进水平。但是目前我国大部分高精密度机床的性能还不能满足要求,特别是高效和数控机床的质量、数量和技术水平与世界先进水平相比还有一定差距。

当前,我国机床工业面临量大面广的普通机床的更新换代,需要采用高新技术改造现有产品,开发设计我国自己的数控产品,包括普通数控(NC)、加工中心(MC)、计算机控制(CNC)、微机控制(MNC)等机床;少量生产柔性制造系统(FMS),有重点地推广计算机集成制造系统(CIMS)。在科学研究方面,要加强机床基础理论和应用技术的研究,把握机床技术发展的总趋势,努力追赶、缩短与世界先进技术的差距。

第二节 机床的分类和型号编制

一、机床的分类

金属切削机床的品种和规格繁多,为了便于区别、管理和使用机床,在国家制定的机床型号编制方法中,按照机床的加工方式、使用的刀具及其用途,将机床分为11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、锯床和其它机床。

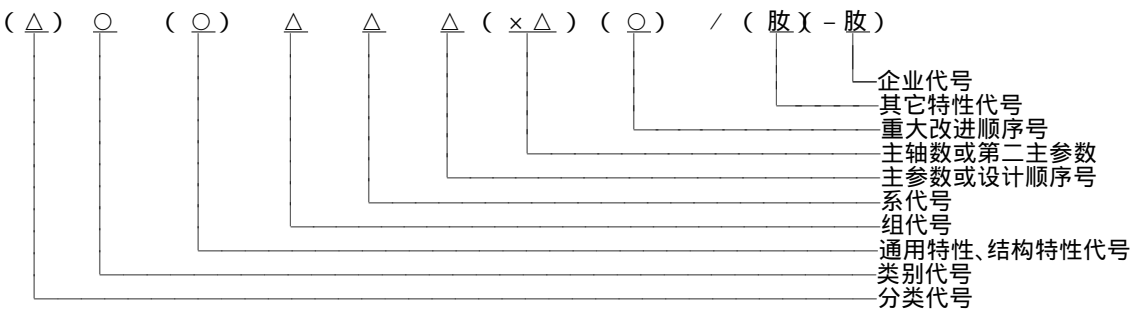
除上述基本分类法外,还可按机床的其它特征分类。如按机床自动化程度的不同,可分为手动机床、机动机床、半自动机床和自动机床;按机床重量的不同,分为仪表机床、中型机床、大型机床、重型机床和超重型机床等;按加工精度的不同,同类型机床可分为普通精度级机床、精密级机床和高精度级机床;按机床工艺范围的宽容(万能性程度)可分为通用机床、专门化机床及专用机床。通用机床的加工范围较广,可完成多种零件的不同加工工序,常见的卧式车床、万能升降台铣床、摇臂钻床等均属此类机床。专门化机床用于完成不同尺寸的一类或几类零件的某一道(或几道)特定工序,如花键轴铣床、凸轮轴车床等。专用机床是为某一特定零件的特定工序所设计的,其工艺范围最窄。另外还可按机床主要工作部件数目,将机床分为单轴机床、多轴机床或单刀机床、多刀机床。

二、机床型号的编制方法

现行的金属切削机床型号是按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,它适用于新设计的各类通用及专用金属切削机床、自动线,但不包括组合机床、特种加工机床。

1. 通用机床型号

(1) 型号表示方法 通用机床的型号由基本部分和辅助部分组成,中间用“/”隔开,读作“之”。基本部分需统一管理,辅助部分是否纳入型号由企业自定。型号构成如下:



注:(1)有“()”的代号或数字,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。
- (4)有“肢”符号者,为大写的汉语拼音字母,或阿拉伯数字,或两者兼有之。

(2) 机床类、组、系的划分及其代号 机床的类别代号用大写的汉语拼音字母表示。必要时,每类可分为若干分类。分类代号在类别代号之前,作为型号的首位,并用阿拉伯数字表示。每一类别代号前的分类代号“1”省略,第“2”、“3”分类代号则应予以表示。例如,磨床类分为M、2M、3M三个分类。机床的类别和分类代号及其读音见表1-1。

表1-1 机床的类别和分类代号

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	锯床	其它机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	二磨	三磨	牙	丝	铣	刨	拉	割	其

(3) 机床的通用特性代号和结构特性代号 这两种特性代号用大写的汉语拼音字母表示, 位于类别代号之后。

通用特性代号有统一的固定含义, 它在各类机床型号中表示的意义相同。

当某类型机床既有普通型式, 又有表 1-3 所示某种通用特性时, 则在类别代号之后加通用特性代号予以区别。如果某类型机床仅有某种通用特性, 而无普通型式者, 则通用特性不予表示。如 C1312 型单轴转塔自动车床, 由于这类自动车床没有“非自动”型, 所以不必用“Z”表示通用特性。当在一个型号中需同时使用二、三个通用特性代号时, 一般按重要程度排列顺序。通用特性代号见表 1-3。

表 1-3 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 (自动换刀)	仿形	轻型	加重型	筒式或 经济型	柔性加工 单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J	R	X	S
读音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	筒	柔	显	速

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。根据各类机床的具体情况, 对某些结构特性代号可以赋予一定含义。但结构特性代号与通用特性代号不同, 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、性能的作用。当型号中有通用特性代号时, 结构特性代号应排在通用特性代号之后。结构特性代号用汉语拼音字母(通用特性代号已用的字母和 I, O 两个字母不能用)表示, 当单个字母不够用时, 可将两个字母组合起来使用, 如 AD, AE, ... 或 DA, EA, ...

(4) 机床主参数和设计顺序号 机床主参数代表机床规格的大小, 用折算值(主参数乘以折算系数)表示, 位于系代号之后。常用机床型号中主参数的表示方法见附录一。

对于某些通用机床, 当无法用一个主参数表示时, 则在型号中用设计顺序号表示。设计顺序号由 1 起始, 当设计顺序号小于 10 时, 由 01 开始编号。

(5) 主轴数和第二主参数的表示方法 对于多轴车床、多轴钻床、排式钻床等机床, 其主轴数应以实际数值列入型号, 置于主参数之后, 用“×”分开, 读作“乘”。第二主参数(多轴机床的主轴数除外)一般不予表示。如有特殊情况, 需在型号中表示时, 应按一定手续审批。在型号中表示的第二主参数, 一般以折算成两位数为宜, 最多不超过三位数; 以长度、深度值等表示的, 其折算系数为 1/100; 以直径、宽度值等表示的, 其折算系数为 1/10; 以厚度、最大模数值等表示的, 其折算系数为 1。

(6) 机床的重大改进顺序号 当对机床的结构、性能有更高的要求, 并需按新产品重新设计、试制和鉴定时, 才按改进的先后顺序选用 A, B, C, ... 汉语拼音字母(但“ I, O”两个字母不得选用)加在型号基本部分的尾部, 以区别原机床型号。

(7) 其它特性代号及其表示方法 其它特性代号置于辅助部分之首。其中同一型号机床的变型代号, 一般应放在其它特性代号之首。

其它特性代号主要用以反映各类机床的特性, 如: 对于数控机床, 可用来反映不同的控制系统等; 对于加工中心, 可用来反映控制系统、自动交换主轴头、自动交换工作台等; 对于柔性加工单元, 可用来反映自动交换主轴箱; 对于一机多能机床, 可用来补充表示某些功能; 对于一般机

床,可以反映同一型号机床的变型等。

其它特性代号,可用汉语拼音字母(“I,O”两个字母除外)表示。当单个字母不够用时,可将两个字母组合起来使用,如AB,AC,AD等,或BA,CA,DA等。其它特性代号,也可用阿拉伯数字表示,还可用阿拉伯数字和汉语拼音字母组合表示。

(8) 企业代号及其表示方法 企业代号中包括机床生产厂及机床研究单位代号。企业代号置于辅助部分之尾部,用“—”分开,读作“至”。若在辅助部分中仅有企业代号,则不加“—”。

(9) 通用机床型号实例

例如,最大棒料直径为50 mm的六轴棒料自动车床,其型号为C2150×6;

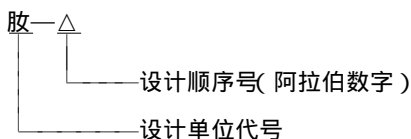
北京机床研究所生产的精密卧式加工中心,其型号为THM6350/JCS;

工作台面宽度为630 mm的单柱坐标镗床,经第一次重大改进后的型号为T4163A;

最大回转直径为400 mm的半自动曲轴磨床的第一种变型的型号为MB8240/1,第二种变型的型号为MB8240/2,依此类推。

2. 专用机床的型号

(1) 型号表示方法 专用机床的型号一般由设计单位代号和设计顺序号组成。型号构成如下:



(2) 设计单位代号 设计单位代号包括机床生产厂和机床研究单位代号(位于型号之首)。

(3) 专用机床的设计顺序号 专用机床的设计顺序号,按该单位的设计顺序号排列,由001起始,位于设计单位代号之后,并用“—”隔开,读作“至”。

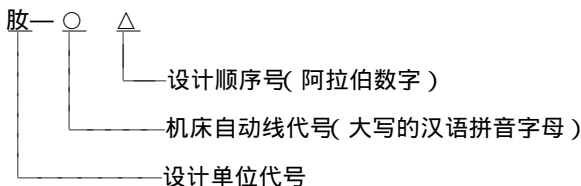
例如,上海机床厂设计制造的第15种专用机床为专用磨床,其型号为H—015。

3. 机床自动线的型号

(1) 机床自动线型号 由通用机床或专用机床组成的机床自动线,其型号为“ZX”(读作“自线”),它位于设计单位代号之后,并用“—”分开,读作“至”。

机床自动线设计顺序号的排列与专用机床的设计顺序号相同,位于机床自动线代号之后。

(2) 机床自动线的型号表示方法



例如,北京机床研究所通用机床或专用机床为某厂设计的第一条机床自动线,其型号为JCS—ZX001。

我国的机床型号编制办法自1957年第一次颁布以来曾作过多次修订和补充。目前工厂使用和生产的机床,有相当一部分的型号仍是按照前几次颁布的机床型号编制办法编制的,其含义可查阅1957年、1959年、1963年、1971年、1976年和1985年历次颁布的机床型号编制办法。

第三节 金属切削机床的运动

在金属切削机床上切削工件时,工件与刀具之间必须有相对运动,就其运动性质而言,有旋转运动和直线运动两种。通常用符号 A 表示直线运动,用符号 B 表示旋转运动。但就机床的运动而言,可分为表面成形运动、切入运动、分度运动、辅助运动、操纵及控制运动和校正运动。

一、表面成形运动

机床加工零件时,为获得所需表面,必须形成一定形状的母线和导线。而形成母线和导线,除成形法外,都需要刀具和工件作相对运动。这种形成发生线,亦即形成被加工零件表面的运动,称为表面成形运动,简称成形运动。

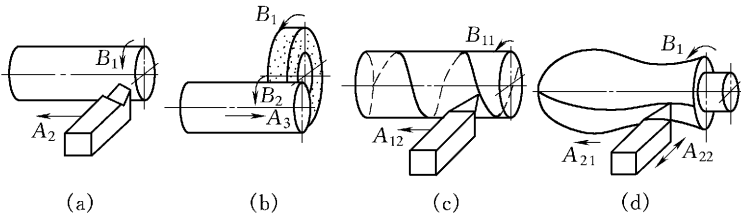


图 1-1 成形运动的组成

成形运动按其组成情况不同,可分为简单的和复合的两种。如果一个独立的成形运动是由单独的旋转运动或直线运动构成的,则称此成形运动为简单成形运动,简称简单运动。例如,用尖头车刀车削圆柱面时(见图 1-1a),工件的旋转运动 B_1 和刀具的直线移动 A_2 就是两个简单运动;用砂轮磨削圆柱面时(见图 1-1b),砂轮和工件的旋转运动 B_1 、 B_2 以及工件的直线移动 A_3 ,也都是简单运动。如果一个独立的成形运动,是由两个或两个以上的旋转运动或(和)直线运动按照某种确定的运动关系合成的,则称此成形运动为复合成形运动,简称复合运动。例如,车削螺纹时(见图 1-1c),形成螺旋线发生线所需的刀具和工件之间的相对螺旋轨迹运动,为简化机床结构和较易保证精度,通常将其分解为工件的等速旋转运动 B_{11} 和刀具的等速直线移动 A_{12} 。 B_{11} 和 A_{12} 彼此不能独立,它们之间必须保持严格的运动关系,即工件每转 1 转时刀具直线移动的距离应等于螺纹的导程,从而 B_{11} 和 A_{12} 这两个单元运动合成一个复合运动。用尖头车刀车削回转体成形面时(见图 1-1d)车刀的曲线轨迹运动,通常由相互垂直坐标方向上的、有严格速比关系的两个直线运动 A_{21} 和 A_{22} 来实现, A_{21} 和 A_{22} 也合成一个复合运动。

根据切削过程中所起作用不同,成形运动又可分为主运动和进给运动。主运动是切除工件上的被切削层,使之转变为切屑的主要运动,进给运动是不断地把被切削层投入切削,以逐渐切出整个工件表面的运动。主运动的速度高,消耗的功率大,进给运动的速度较低,消耗的功率也较小。任何一种机床,必定有且通常只有一个主运动,但进给运动可能有一个或几个,也可能没有。

表面成形运动是机床最基本的运动,其轨迹、数目、行程和方向等在很大程度上决定着机床传动及其结构形式。显然,用不同工艺方法加工不同形状的表面,所需的表面成形运动是不同的,从而产生了各种不同类型的机床。然而即使是用同一种工艺方法和刀具结构加工相同表面,由于具体加工条件不同,表面成形运动在刀具和工件之间的分配也往往不同。例如,车削圆柱

面,多数情况下表面成形运动是工件旋转和刀具直线移动,但根据工件形状、尺寸和坯料形式等具体条件不同,表面成形运动也可以是工件旋转并直线移动,或者刀具旋转和工件直线移动,或者刀具旋转并直线移动(见图1-2)。表面成形运动在刀具和工件之间的分配情况不同,机床结构也不一样,这就决定了机床结构型式的多样化。

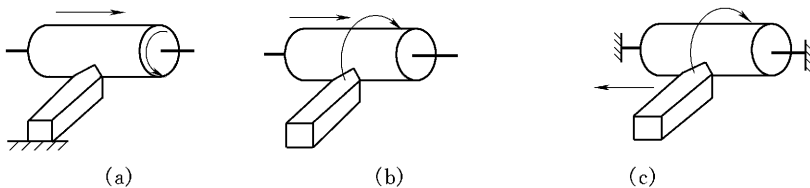


图1-2 圆柱面的车削加工方式

二、切入运动

用于实现使工件表面逐步达到所需尺寸的运动。

三、分度运动

指多工位工作台、刀架等的周期转位或移位,以便依次加工工件上的各个表面,或依次使用不同刀具对工件进行顺序加工。

四、辅助运动

为切削加工创造条件的运动称为辅助运动。例如工件或刀具的调位、快速趋近、快速退出和工作行程中空程的超越运动,以及修整砂轮、排除切屑、刀具和工件的自动装卸和夹紧等。

辅助运动虽然不直接参与表面成形过程,但对机床整个加工过程却是不可缺少的,同时还对机床的生产率、加工精度和表面质量有较大的影响。

五、操纵及控制运动

操纵及控制运动包括起动、停止、变速、换向、部件与工件的夹紧和松开、转位以及自动换刀、自动测量、自动补偿等运动。

六、校正运动

在精密机床上,为了消除传动误差的运动称为校正运动。如精密螺纹车床或螺纹磨床中的螺距校正运动。

第四节 机床的传动

一、机床传动的组成

为了实现加工过程中所需的各种运动,机床必须具备三个基本部分:执行件、运动源和传动装置。执行件是执行机床运动的部件,如主轴、刀架、工作台等,其任务是装夹刀具和工件,直接带动它们完成一定形式的运动,并保证其运动轨迹的准确性——旋转运动的正圆度和直线运动的直线度。运动源是为执行件提供运动和动力的装置,如交流异步电动机、直流电动机、步进电机等。传动装置是传递运动和动力的装置,通过它把执行件和运动源或一个执行件与另一个执行件联系起来,使执行件获得一定速度和方向的运动,并使有关执行件之间保持某种确定的运动关系。

机床的传动装置有机械的、液压的、电气的、气压的等多种形式,本书将主要讲述机械的传动装置。它应用传动带、齿轮、齿条、丝杠螺母等传动件实现运动联系。

二、机床的传动链

使执行件和运动源以及两个有关的执行件保持运动联系的一系列顺序排列的传动件称为传动链。传动链中通常包含两类传动机构:一类是传动比和传动方向固定不变的传动机构,如定比齿轮副、蜗杆蜗轮副、丝杠螺母副等,称为定比传动机构;另一类是根据加工要求可以变换传动比和传动方向的传动机构,如挂轮变速机构、滑移齿轮变速机构、离合器换向机构等,统称为换置机构。

根据传动联系的性质,传动链可以分为两类。

1. 外联系传动链

它是联系运动源(如电动机)和机床执行件(如主轴、刀架、工作台等)之间的传动链,它使执行件得到运动,而且能改变运动的速度和方向,但不要求运动源和执行件之间有严格的传动比关系。如图1-3所示,车圆柱螺纹时,从电动机传到车床主轴的传动链“1—2— u_v —3—4”就是外联系传动链,它只决定车螺纹速度的快慢,而不影响螺纹表面的成形。

2. 内联系传动链

当表面成形运动为复合的成形运动时,它由保持严格的相对运动关系的几个单元运动(旋转或直线运动)所合成,为完成复合的成形运动,必须有传动链把实现这些单元运动的执行件与执行件之间联系起来,并使其保持确定的运动关系,这种传动链叫做内联系传动链。如图1-3所示,车削圆柱螺纹时需要工件旋转 B_{11} 和车刀直线移动 A_{12} 合成的复合运动,这两个单元运动应保持的严格运动关系是:工件每转1转,车刀准确地移动工件螺纹一个导程的距离。为保证这一运动关系,需用传动链“4—5— u_x —6—7”将两个单元运动的执行件(主轴和刀架)联系起来,并且这条传动链的总传动比必须准确地满足上述运动关系的要求。改变传动链中的换置机构 u_x ,可以改变工件和车刀之间的相对运动关系,以满足车削不同导程螺纹的需要。上例这种联系复合的成形运动内部两个单元运动的执行件的传动链,即是内联系传动链。由于内联系传动链本身不能提供运动和动力,为使执行件获得运动,还需有一条外联系传动链将运动源的运动和动力传到内联系传动链上来,如图1-3中的由电动机至主轴的主运动传动链。换置机构 u_v 用于改变整个复合运动的速度。

内联系传动链必须保证复合运动的两个单元运动严格的运动关系,其传动比是否准确以及由其确定的两个单元运动的相对运动方向是否正确,将会直接影响被加工表面的形状精度。因此,内联系传动链中不能有传动比不确定或瞬时传动比变化的传动机构,如带传动、链传动和摩擦传动等。

三、传动原理图

为了便于研究机床的传动联系,常用一些简单的符号表示运动源与执行件及执行件与执行件之间的传动联系,这就是传动原理图。传动原理图仅表示形成某一表面所需的成形、分度和与表面成形有直接关系的运动及其传动联系。图1-4所示为传动原理图常用的部分符号。

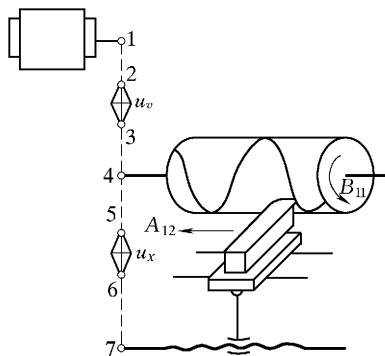


图1-3 车圆柱螺纹

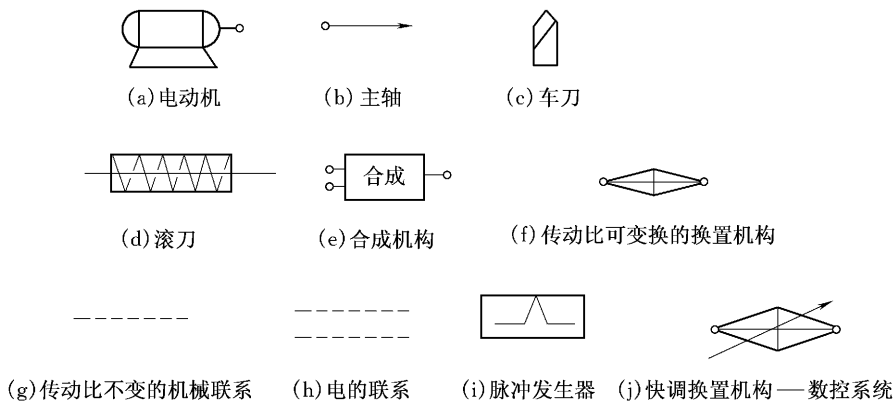


图 1-4 传动原理图常用的一些示意符号

图 1-5 为车圆锥螺纹的传动原理图。车圆锥螺纹需要三个单元运动合成的复合运动：工件旋转 B_{11} 、车刀纵向直线移动 A_{12} 和横向直线移动 A_{13} 。这三个单元运动之间必须保持的严格运动关系是：工件转 1 转的同时，车刀纵向移动工件一个螺纹导程 S 的距离，横向移动 $S \tan \alpha$ 的距离（ α 为圆锥螺纹的斜角）。为保证上述运动关系，需在主轴与刀架纵向溜板之间用传动链“4—5— u_x —6—7”联系，在刀架纵向溜板与横向溜板之间用传动链“7—8— u_y —9”联系，这两条传动链都是内联系传动链。传动链中的 u_x 是为适应不同导程螺纹的需要， u_y 是为适应加工不同锥度螺纹的需要。外联系传动链“1—2— u_v —3—4”使主轴和刀架获得一定速度和方向的运动。为实现一个复合运动，必须有一条外联系传动链和一条或几条内联系传动链。

数控车床的传动原理图基本上与卧式车床相同，所不同的是许多地方用电联系代替机械联系，如图 1-6 所示。车削螺纹时，脉冲发生器 P 通过机械传动装置（通常是一对齿数相等的齿轮）与主轴相联系。主轴每转 1 转，P 发出 N 个脉冲，经 3—4 至纵向快速调整换置机构 u_{c1} 和伺服系统 5—6 控制伺服电动机 M_1 ，它或经机械传动装置 7—8 或直接与滚珠丝杠连接，使刀架作纵向直线运动 A_2 ，并保证主轴每转 1 转，刀架纵向移动一个工件螺纹的导程。改变 u_{c1} ，可使其输出脉冲发生变化，以满足车削不同导程的螺纹要求。

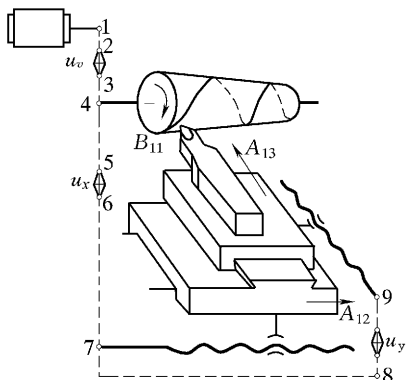


图 1-5 车圆锥螺纹的传动原理图

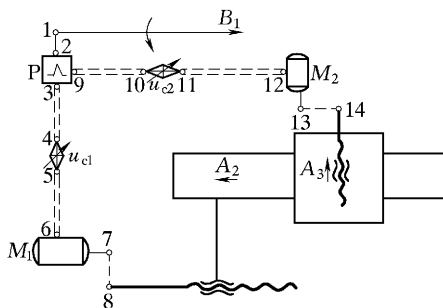


图 1-6 数控车床的螺纹链和进给链

此外,车削螺纹时脉冲发生器还发出另一组脉冲,即主轴每转发出一个脉冲,称为“同步脉冲”。由于在加工螺纹时必须经过多次重复车削才能完成,为了保证螺纹不乱扣,数控系统必须控制刀具的切削相位,以保证在螺纹上的同一切削点切入。同步脉冲是保证在螺纹车削中不产生乱扣的唯一控制信号。

车削锥面螺纹时,脉冲发生器 P 发出的脉冲经“9—10— u_{c2} —11—12— M_2 —13—14—丝杠”使刀具作横向移动 A_3 。

车削成形曲面时,主轴每转 1 转,脉冲发生器 P 发出的脉冲同时控制纵向移动 A_2 和横向移动 A_3 。这时,联系纵、横向运动的传动链“ A_2 —纵向丝杠—8—7— M_1 —6—5— u_{c1} —4—3—脉冲发生器 P—9—10— u_{c2} —11—12— M_2 —13—14—横向丝杠— A_3 ”形成一条内联系传动链, u_{c1} 和 u_{c2} 同时不断地变化,以保证刀尖沿着要求的轨迹运动,以便得到所需的工件表面形状,并使 A_2 、 A_3 的合成线速度的大小基本保持恒定。

车削圆柱面或端面时,主轴的转动 B_1 和刀具的移动 A_2 或 A_3 是三个独立的简单运动, u_{c1} 和 u_{c2} 用以调整转速的高低和进给量的大小。

四、传动系统图

实现机床加工过程中全部成形运动和辅助运动的各传动链,组成一台机床的传动系统。根据执行件所完成的运动的作用不同,传动系统中各传动链相应地称为主运动传动链、进给运动传动链、展成运动传动链、分度运动传动链等。

为了便于了解和分析机床运动的传递、联系情况,常采用传动系统图。它是表示实现机床全部运动的传动示意图,图中将每条传动链中的具体传动机构用简单的规定符号表示(规定符号见国家标准 GB/T 4460—1984《机械制图——机构运动简图符号》,其中常见的见附录二),并标明齿轮和蜗轮的齿数、蜗杆头数、丝杠导程、带轮直径、电动机功率和转速等。传动链中的传动机构,按照运动传递或联系顺序依次排列,以展开图形式画在能反映主要部件相互位置的机床外形轮廓中。图 1-7 所示为万能升降台铣床的主传动系统图。

了解分析一台机床的传动系统时,首先应根据被加工表面的形状、采用的加工方法及刀具结构形式,得到表面的成形方法和所需成形运动,同时根据机床布局及其工作方法,了解机床需要哪些辅助运动,实现各个运动的执行件和运动源是什么,进而分析实现各运动的传动原理,即确定机床需有哪些传动链及其传动联系情况。然后根据传动系统图逐一分析各传动链,其一般方法是:首先找到传动链所联系的两个端件(运动源和某一执行件,或者一个执行件和另一执行件),然后按照运动传递或联系顺序,从一个端件向另一端件,依次分析各传动轴之间的传动结构和运动传递关系,以查明该传动链的传动路线以及变速、换向、接通和断开的工作原理。

例 1-1 分析图 1-7 所示万能升降台铣床的主运动传动系统,并按照图示齿轮的啮合位置,计算主轴的转速。

分析:万能升降台铣床上,主运动传动链的两端件是主电动机(7.5 kW, n_1 440 r/min)和主轴 V。由图 1-7 可知:电动机的运动经弹性联轴器传给轴 I,然后经轴 I—II 之间的定比齿轮副 26/54 以及轴 II—III、III—IV 和 IV—V 之间的三个滑移齿轮变速机构,带动主轴 V 旋转,并使其获得 $3 \times 3 \times 2 = 18$ 级不同的转速。主轴的开、停及变向均由电动机实现,轴 I 的右端装有多片式电磁制动器,用于电动机停转时能迅速而平稳地制动主轴。主运动传动链的传动路线表达式为: