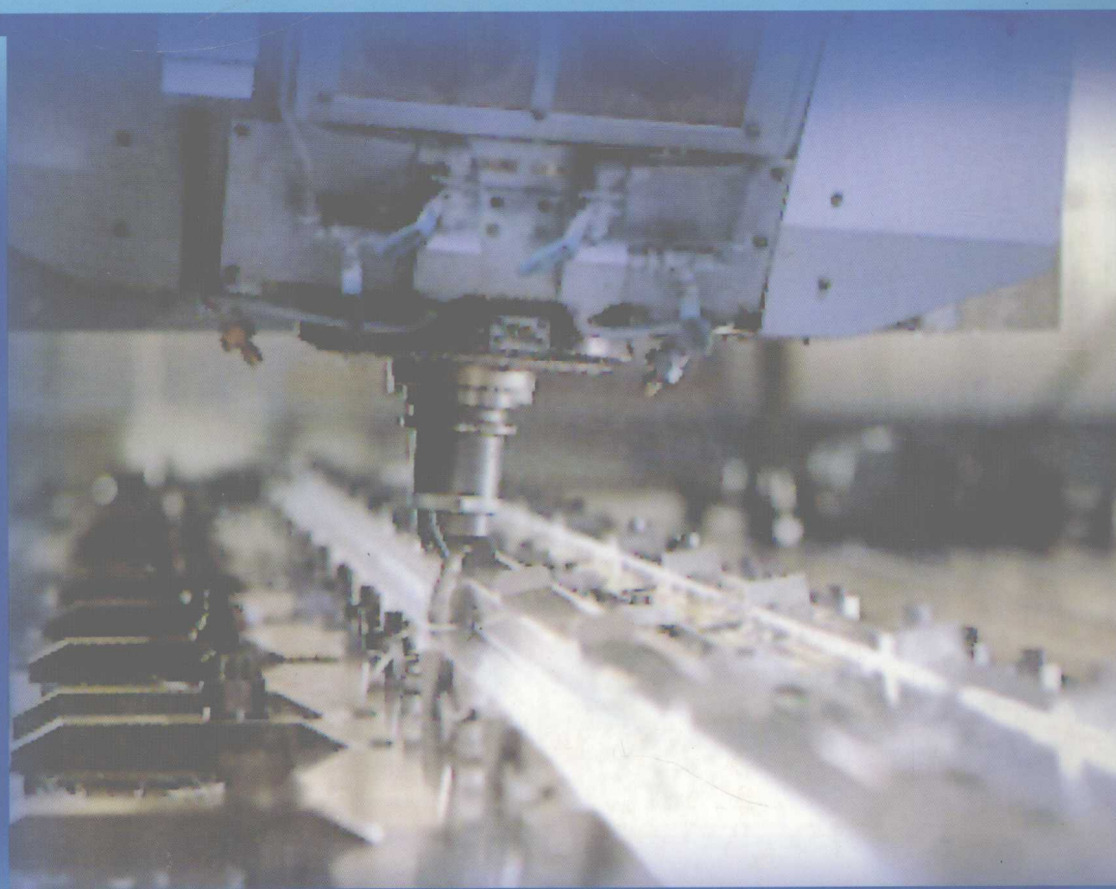


高职高专机电类规划教材

机械加工设备

刘 坚 主编



机械工业出版社
China Machine Press

本书是高职高专机电类机电设备维修与管理专业的规划教材。全书共分八章,主要介绍了金属切削机床的基本知识,车床、铣床、磨床、齿轮加工机床、数控机床、其它机床和机械加工设备安装的基本知识等内容,并介绍了几种典型机床的常见故障及其排除方法。各章后均附有习题与思考题。书中采用了新国家标准规定的名词术语。

本书可供高等职业技术教育院校、高等专科学校、业余职工大学、中等职业技术学校等有关专业选用,或作为企业从事机电设备维修与管理行业有关人员的自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工设备/刘坚主编. —北京:机械工业出版社, 2001. 7
ISBN 7-111-08972-3

I. 机... II. 刘... III. 金属切削-机具 N. TG5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 030609 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 邓海平 版式设计: 张世琴 责任校对: 张 媛

封面设计: 方 芬 责任印制: 路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·13.5 印张·334 千字

0 001—4 000 册

定价: 22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

本书是高职高专机电类机电设备维修与管理专业的规划教材，是根据国家教育部试行的《高等职业技术学校目录》要求和高等职业技术教育机电设备维修与管理专业教学指导委员会初步审定的教学大纲（试行稿），受专业教学指导委员会授权编写的。本书可供高等职业技术教育院校、高等专科学校、业余职工大学、中等职业技术学校等有关专业选用，或作为企业从事机电设备维修与管理行业有关人员的自学教材。

本书编写的指导思想是：围绕常见机械加工设备工作原理、主要部件结构及调整、常见故障及排除方法、设备安装与调试等技术问题组织内容，着重培养合理使用机械加工设备、解决生产现场设备技术问题的能力，以适应机械工业发展对机电设备维修与管理工作的需要。

全书共分八章，分别介绍了金属切削机床的基本知识，车床、铣床、磨床、齿轮加工机床、数控机床、其它机床和机械加工设备安装的基本知识等内容，并介绍了几种典型机床的常见故障及排除方法。各章后均有习题与思考题。书中采用了新国家标准规定的名词术语。

本书由张家界航空职业技术学院刘坚主编，广西机电职业技术学院莫秀群为副主编，参加编写的有安徽芜湖机械学校徐亮，张家界航空职业技术学院赵学清，黑龙江机械学校龚波，重庆工业职业技术学院吕琳。由华南理工大学林颖副教授任主审。

在本书编写过程中，得到了浙江机电职业技术学院严鹤峰、张家界航空职业技术学院晏初宏、常州机械学校高志坚、广西机电职业技术学院张群生及其它有关兄弟学校、工厂的大力支持，在此表示感谢。

由于编者水平有限，经验不足，书中难免出现错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者
于张家界

目 录

前言

绪论 1

习题与思考题 6

第一章 金属切削机床的基本知识 7

第一节 工件表面的成形方法和机床所需 的运动 7

第二节 机床的传动系统 10

第三节 主轴部件 18

第四节 支承件及导轨 26

第五节 操纵机构 33

习题与思考题 35

第二章 车床 38

第一节 概述 38

第二节 CA6140 型卧式车床传动系统 39

第三节 卧式车床主要部件结构 51

第四节 单轴转塔自动车床 70

第五节 其它车床简介 84

习题与思考题 88

第三章 铣床 90

第一节 概述 90

第二节 万能升降台铣床 90

第三节 万能升降台铣床的主要部件 93

第四节 万能分度头 106

第五节 其它类型铣床简介 110

习题与思考题 112

第四章 磨床 113

第一节 M1432A 型外圆磨床 113

第二节 其它磨床简介 123

习题与思考题 130

第五章 齿轮加工机床 131

第一节 概述 131

第二节 Y3150E 型滚齿机 137

第三节 Y5132 型插齿机 151

第四节 其它齿轮加工机床简介 155

习题与思考题 158

第六章 数控机床 160

第一节 概述 160

第二节 数控机床的坐标系 163

第三节 JCS-018A 型立式加工中心 166

第四节 数控车床和车削中心 172

习题与思考题 176

第七章 其它类型机床简介 177

第一节 钻床 177

第二节 镗床 180

第三节 直线运动机床 187

第四节 组合机床 189

习题与思考题 190

第八章 机械设备安装的基本知识 191

第一节 机械设备的平面布置 191

第二节 机械设备的安装基础 193

第三节 机床设备的安装 197

习题与思考题 202

附录 203

附录 A 常用机床组、系代号及主参数 (摘自 JB1838—85) 203

附录 B 机构运动简图 (摘自 GB/T4460—1984) 206

附录 C 滚动轴承图示符号 (摘自 GB/T4458.1—1984) 211

参考文献 212

绪 论

一、机械加工设备及其在国民经济中的地位

零件是最基本的制造单元体, 各行各业及日常生活中使用的各种机械设备和工具等, 都是由具有一定形状和尺寸的零件所组成的。加工这些零件, 并将它们装配成机械设备和工具的行业, 称为机械制造业。机械制造业的主要任务是为国民经济各部门提供各种先进的技术装备。提高这些技术装备的使用效益, 保持其良好的技术状态和正常运行的行业被称为机械设备维修与管理行业。

机床是机械设备中很重要的一个分支, 它是用切削、特种加工等方法加工金属工件, 使之获得所需的几何形状、精度和表面质量的加工设备, 是用以制造一切机械的机器, 也是唯一能制造机床自身的机器, 这是机床区别于其它机器的主要特征, 因此机床又称为“工作母机”或“工具机”。

机床是机械制造业的基本加工装备, 它的品种、性能、质量和技术水平直接影响着其它机电产品的性能、质量、生产技术水平和企业经济效益。机械工业为国民经济各部门提供技术装备的能力和水平, 在很大程度上取决于机床的水平, 所以机床属于基础机械装备。

机床包括金属切削机床、特种加工机床、木工机床、锻压机械等, 狭义的机床通常仅指金属切削机床。目前在一般机械制造工厂中, 金属切削机床占有的比率一般都在 50% 以上, 所担负的加工工作量占机器总制造工作量的 40%~60%。而机床的拥有量、产量、品种和质量, 更是衡量一个国家工业水平的重要标志之一。由于传统加工工艺的改造和革新, 加工工艺复合化和工序集中化, 划分各种机床的界限已不是很严格了, 随着少、无切削量设备的发展和机床加工业整体水平的提高, 金属切削机床的应用范围和品种规格等将会不断增加新的内容。

二、金属切削机床的发展概况

工具的制造和使用是从猿进化到人的一个本质的飞跃。随着人类对各种生产和生活工具制造水平的提高和应用范围的扩大, 人类文明也随之不断的发展。从某种意义上说, 生产工具(设备)的发展史, 也就是一部人类文明的创造史。

早在 6000 多年前, 就有了原始的钻床和木工车床。利用手的推拉动作, 使弓钻在石斧或陶瓷上钻孔, 成为钻床的鼻祖; 将木料用两个支架支承, 拉动木料上缠绕的绳索使木料来回转动, 手握刀具进行回转体的加工, 这便是原始的车床。

17 世纪中叶, 开始用畜力代替人作为机床的动力, 但仍然用手握持刀具。与此同时, 又发明了加工天文仪器上大铜环的平面铣床和磨床。18 世纪出现了刨床。

18 世纪末, 瓦特的蒸汽机将机床工业向前推进了一大步。伴随着机用走刀架的出现, 基本解放了操作者的双手, 加工质量和加工效率也有了明显提高。19 世纪至 20 世纪初, 电动机取代了笨拙的蒸汽机, 成为机床的新动力源, 加上齿轮变速箱的出现, 至此, 机床基本上具备了现代的结构形式。

随着电气、液压等科学技术的出现, 特别是近些年来微电子技术、电力电子技术、计算机技术和测量控制技术的发展及其向机床领域的渗透, 使高新技术与机床加工过程的结合日

益密切,机床业的发展进入了一个新的时代。同时,高新技术的发展对机电产品性能质量的要求不断提高,材料技术的发展和机电产品用材的多样化,市场竞争日趋激烈和机电产品技术寿命的不断缩短,社会物质文化生活水平的提高,导致人们对劳动条件和劳动环境提出了更高的要求等,也促使机床的发展要与之相适应。因此,机床的品种越来越多,结构日益完善,应用范围不断扩大,生产率和经济效益也大大提高。现代机床发展的基本方向仍然是以提高加工精度和效率,降低加工成本为主要目标。这个目标汇集到一点,就是要大力发展具有柔性、精密、高效、复合、集成和智能等功能的自动化加工设备,以适应用户个性化的需求。数控机床集中而全面地体现了现代制造业对机床的主要要求,数控机床的发展方向基本上代表了现代机床技术发展的主要方面。

我国机床工业发展仅 50 年,可划分为三大阶段:第一阶段,20 世纪 50 年代在前苏联的帮助和专家指导下,建立了 18 个机床厂,成立了 7 大综合研究所和 27 个各类机床专业研究所,机床业初成体系,发展较快。第二阶段,20 世纪 50 年代末的“三年大跃进”和 20 世纪 60、70 年代的“文革”动乱,导致机床工业生产质量下降,科研废弃,盲目发展,机床工业素质严重受损。第三阶段,20 世纪 80~90 年代的改革开放,大量引进了国外先进技术以及合作生产,使机床加工技术提高较快,尤其是各种专业化设备的生产有了迅速的发展,具备了成套装备现代化工厂的能力,能自行设计和制造性能较先进的数控机床和加工中心,并已出现了柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)。同时注重利用静压、数显、数控、微电子等先进技术对老旧机床进行修理和现代化改装,以提高现有机床的技术状态,使零件的加工精度、劳动生产率和综合技术经济效益都有了较大提高,但与世界领先水平仍相距甚远。

我国机床工业之现状有三:

1) 厂众人多,居世界第一,但全员劳动生产率较低,大批大量生产中没有充分实现自动化。据 1997 年的统计资料显示,我国有机床厂家 327 家,机床工业从业人数为 35 万人,机床业产值 17 亿美元,年产量 26 万台,机床拥有量 383.5 万台。同时期美国机床业从业人数为 5.9 万人,机床业产值 50 亿美元,年产量 24.4 万台,机床总拥有量为 232.7 万台。

2) 现有设备陈旧,性能较差,构成比落后。在我国的机床拥有量中,粗加工机床约占 41%,精加工机床占 13%,低、中、高档机床之比为 80:17:3,而先进国家为 20:70:10。在机床年产量中,我国低、中、高档机床之比为 70:25:5,而先进国家为 5:65:30。可见我国低档机床多,中高档机床少,配置不合理。

3) 机床从业人员中技术人员少。目前我国机床业技术人员为 8%,发达国家为 30%~80%。

由此可见,我国机床工业仍面临着十分艰巨的任务,必须不断深入系统地进行基础理论与应用技术两方面的科研工作,狠抓技术队伍和人才素质的培养,重视基础零部件的生产,逐渐增大少无切削设备、精加工设备和中高档设备的比重,逐步提高整个机床制造业的技术水平。

三、金属切削机床的分类和型号编制

金属切削机床的品种和规格繁多,为便于区别、使用和管理,需对其进行分类和型号编制。

(一) 金属切削机床的分类

1. 按机床的加工方式、加工对象或主要用途分类

目前我国机床划分为车床、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、锯床和其它机床共 12 类。这也是主要的机床分类方法。

2. 按机床的适用范围分类

机床按适用范围可分为通用机床、专用机床和专门化机床。

(1) 通用机床 这类机床可以进行多种工件或多种工序的加工, 例如, 卧式车床 (普通车床)、外圆磨床和龙门刨床等。通用机床的加工范围和应用范围都较广, 但结构往往较复杂, 机床刚度较差, 生产率不高, 主要适用于单件、小批量生产或机修车间使用。

(2) 专用机床 这类机床用于完成特定工件的特定工序的加工, 例如, 汽车发动机气缸镗床等。专用机床结构比通用机床简单, 生产率较高, 适用于大批量生产。专用机床中有一种以标准的通用部件为基础, 配以少量按工件特定形状或加工工艺设计的专用部件组成的自动或半自动机床, 称为组合机床, 它能对一种或若干种工件按预先确定的工序进行加工。

(3) 专门化机床 这类机床用于完成形状类似而尺寸不同的工件的特定工序的加工, 例如, 曲轴磨床、凸轮轴磨床、曲轴连杆颈车床和精密丝杠车床等。专门化机床的特点介于通用机床和专用机床之间, 既有加工尺寸的通用性, 又有加工工序的专用性, 生产率较高, 适用于成批生产。

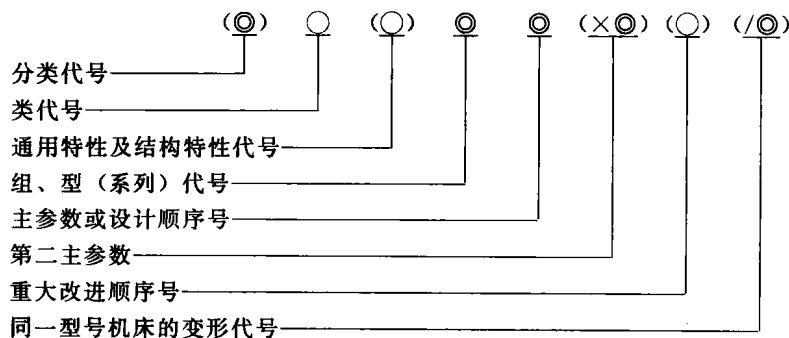
3. 按机床的精度分类

同一种机床可根据加工精度的不同分为普通精度级 (P) 机床、精密级 (M) 机床和高精度级 (G) 机床。

此外, 机床还可按工件大小和机床质量分为仪表机床、中小型机床、大型机床 (10~30t)、重型机床 (30~100t) 和超重型机床 (100t 以上); 按机床自动化程度分为手动操作机床、半自动机床和自动机床; 按机床的自动控制方式分为仿形机床、数字控制机床 (简称数控机床)、适应控制机床和加工中心等。随着机床工业的发展, 机床的分类方法也将会不断修订和补充。

(二) 金属切削机床型号的编制

机床型号是按一定规律赋予每种机床的一个代号, 通常采用汉语拼音大写字母和阿拉伯数字按一定规律组合而成, 可简明地表达机床的类型、主要规格及有关特征等。我国机床现行型号的编制是按照 1985 年颁布的 JB1838—85《金属切削机床型号编制方法》执行的, 它适用于各类通用机床、专门化机床和专用机床, 但不包括组合机床。通用机床的型号表示方法如下:



注: 1. “O” 符号为大写汉语拼音字母;

2. “C” 符号为阿拉伯数字;

3. 有“()”的代号或数字, 有内容时, 书写应不带括号; 无内容时, 则不予表示。

(1) 机床的类代号和分类代号 机床的类代号用汉语拼音大写字母表示, 位于型号的首位。磨床因其种类较多, 又划分为三个分类, 分类代号用阿拉伯数字表示, 但第一分类通常不表示。机床的类及分类代号见表 0-1 所示。

表 0-1 机床的类及分类代号

类型	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	其它机床
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) 机床的组、系代号 用两位阿拉伯数字表示, 位于类代号之后。每类机床划分为十组, 用数字 0~9 表示, 同一组机床的结构布局特点和使用范围基本相同。每组机床又划分为十系, 同一系的机床, 其主参数按一定的公比排列, 而工件及刀具本身的运动和相对运动的特点基本相同, 且基本结构及布局型式相同。我国机床的类别和组、系划分详见附录 A。

(3) 机床的通用特性和结构特性代号 表示机床所具有的特殊性能, 用大写汉语拼音字母表示, 位于类代号之后。当某类型机床除有普通型外, 还具有表 0-2 所列的某种通用特性时, 则在类代号之后加以相应的通用特性代号。如“CK”表示数控车床。若同时具有两种及以上通用特性时, 可依次将通用特性代号写在类代号之后, 如“MBG”表示半自动高精度磨床。如果某类机床仅有某种通用特性, 而无普通型者, 则通用特性不予表示, 如 C1312 型单轴转塔自动车床, 由于没有普通型, “Z (自动)”的通用特性也就不必列出来。

表 0-2 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	简 式
代 号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J
读 音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	简

为区别主参数相同而结构不同的机床, 又引入了结构特性代号, 在型号中用大写汉语拼音字母表示, 排在通用特性之后。这些字母根据各类机床的情况分别规定, 在不同型号中意义可以不一样。通用特性已用过的字母和“I”、“O”不能用作结构特性代号。

(4) 机床主参数及设计顺序号 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, 位于组、系代号之后。主参数的折算系数通常为 1、1/10 或 1/100。某些通用机床无法用一个主参数表示其规格时, 用设计顺序号表示。设计顺序号由 01 开始。

(5) 机床第二主参数 第二主参数一般是指主轴数、最大跨距、最大工件长度、工作台工作面长度等。第二主参数也用折算值表示。以长度单位表示的第二主参数, 如机床的最大工件长度、最大切削长度、最大行程和最大跨距等, 采用 1/100 的折算系数; 以直径、深度和宽度表示的第二主参数, 采用 1/10 的折算系数 (出现小数时可以化整); 以厚度、最大模数和机床轴数作为第二主参数时, 以实际的数值列入型号。

(6) 机床的重大改进顺序号 机床的性能及结构布局有重大改进, 并按新产品重新设计、试制和鉴定后, 在原机床型号尾部加重大改进顺序号, 以示区别于原型号机床。序号按 A、B、C、…顺序选用。

(7) 同一型号机床的变型代号 在机床基本型号基础上, 仅改变机床的部分性能结构时, 在相应机床型号之后加变形代号 1、2、3、…等顺序号以示区别。

四、金属切削机床的技术性能与技术规格

机床的技术性能是指机床的加工范围、使用质量和经济效益的技术参数，包括工艺范围、技术规格、加工精度和表面粗糙度、生产率、自动化程度及精度保持性等。

机床的技术规格是反映机床的加工能力、加工范围和加工精度的各项技术数据，包括主参数、第二主参数和基本参数。为了适应不同的生产和使用，满足加工各种尺寸工件的要求，每种通用机床系列都有不同的技术规格的制定。

（一）主参数和第二主参数

机床的主参数直接反映机床的加工能力和特性，表示机床的规格，是确定其它参数、设计机床结构和用户选用机床的主要依据。对于通用机床（包括专门化机床），主参数通常以机床的最大加工尺寸表示，只有在不适于用工件最大加工尺寸表示时，才采用其它尺寸或物理量来表示。例如卧式铣镗床的主参数为镗轴直径，拉床为额定拉力等。为了更完整地表示出机床的工作能力和加工范围，有的机床还规定有第二主参数，如最大工件长度、主轴数、最大加工模数等。各类通用机床和专门化机床的主参数和第二主参数在国家标准《金属切削机床型号编制方法》（GB/T15375）中均有规定。

（二）基本参数

除主参数和第二主参数以外，机床的技术参数还有尺寸参数、运动参数和动力参数等基本参数。

1. 尺寸参数

机床的尺寸参数是表示机床工作范围的主要尺寸，也是与工、夹、量具的标准化及机床结构有关的主要尺寸。机床主要尺寸参数内容见表 0-3。

表 0-3 机床主要尺寸参数内容

与工件主要尺寸有关的参数	最大加工尺寸和范围	最大加工直径或最大工件直径，最大加工模数、螺旋角 主轴通孔直径 最大工件安装尺寸，如工作台尺寸、主轴端面至工作台面最大距离、主轴轴线至工作台面最大距离、立柱间距等 最小加工尺寸，如最小磨削外径或孔径、主轴轴线至工作台面最小距离等
	部件运动尺寸范围	刀架、工作台、主轴箱、横梁等的最大行程 刀架、工作台、砂轮（导轮）架、摇臂等的最大回转角度
与工、夹、量具标准化有关的参数		主轴或尾架套筒的锥孔大小 刀杆断面尺寸、刀夹最大尺寸、安装的刀具（滚刀、铣刀、砂轮等）直径 工作台 T 形槽的尺寸和数量
与机床结构有关的参数		床身的导轨宽度 花盘或圆工作台直径 主轴轴线或工作台面至地面的高度

2. 运动参数和动力参数

机床的运动参数包括机床主运动（切削运动）的速度范围和级数、进给量范围和级数以及辅助运动速度等，这些参数主要由表面形成运动的工艺要求决定。动力参数指主运动、进给运动和辅助运动的动力消耗，主要由机床的切削载荷和驱动的工件质量等因素决定。机床的运动参数和动力参数内容见表 0-4。

表 0-4 机床运动参数和动力参数内容

运动参数	主运动	主轴（或圆工作台、砂轮主轴、磨床头架主轴）转速范围（ r/min ）、数列公比、级数 滑枕（或工作台、刀轴）每分钟往复行程次数（ dst/min ） 砂轮圆周速度（ m/s ）
	进给运动	各方向进给量范围（ mm/r 、 mm/min 、 r/min 、 mm/z 、 mm/st ）、数列公比、级数 螺纹加工范围
	辅助运动	各方向快速运动速度（ m/min ）
动力参数		主运动、进给运动及辅助运动的电动机功率（ kW ） 最大切削力（ N ），最大进给力（ N ） 主轴或圆工作台的最大转矩（ $N\cdot m$ ） 最大工件质量（ kg ）

现以卧式车床为例加以说明。

卧式车床的主参数是工件在床身上的最大回转直径，有 250、320、400、500、630、800、1000、1250mm 八种规格。主参数相同的卧式车床又有几种不同的第二主参数——最大工件长度。例如，CA6140 型卧式车床在床身上工件最大回转直径为 400mm，而最大工件长度有 750、1000、1500、2000mm 四种。该机床的主要技术参数见表 0-5 所示。

表 0-5 CA6140 型普通车床的主要技术规格

最大加工 直径 /mm	在床身上	400	主轴内孔锥度（号）		No. morse 6
	在刀架上	210	主轴转速范围/ $r\cdot min^{-1}$		10~1400（24 级）
	棒料	46	进给量范围 / $mm\cdot r^{-1}$	纵向	0.028~6.33（64 级）
最大加工长度/mm		650、900、1400、1900		横向	0.014~3.16（64 级）
中心高/mm		205	加工螺纹范围	米制/mm	1~192（44 种）
顶尖距/mm		750、1000、1500、2000		英制/ $牙\cdot in^{-1}$	2~24（20 种）
刀架最大 行程 /mm	纵向	650、900、1400、1900		模数/mm	0.25~48（39 种）
	横向	320		径节/ $牙\cdot in^{-1}$	1~96（37 种）
	刀架溜板	140	主电动机功率/ kW		7.5

机床的技术规格可以从机床说明书中查得。它是设备使用、维修和管理部门在设备的选择、使用、维护、修理及设备的资产管理等方面不可或缺的重要依据。

习题与思考题

- 0-1 金属切削机床按加工方式和所用的刀具不同分为哪 12 大类，其类代号是什么？
- 0-2 金属切削机床为什么要进行型号的编制？解释下列机床型号的含义：
X6132 Z3040 B2010A CA6140 MG1432 Y3150 T6112 C1312
- 0-3 了解机床主要技术规格对机床的选择和使用有什么意义？

第一章 金属切削机床的基本知识

第一节 工件表面的成形方法和机床所需的运动

各种类型的机床,虽工艺范围不同,结构各异,但其工作原理是相同的,即所有的机床都必须通过刀具与工件之间的相对运动,将毛坯上多余的金属切除,以获得零件工作图所要求的表面形状、尺寸精度和表面质量的零件。

一、工件表面的成形方法

(一) 常见工件的表面形状

图 1-1 是机器零件上常用的各种表面。

从图 1-1 可以看出,工件表面是由几个基本表面组成的。这些基本表面是平面、圆柱面、圆锥面、螺旋面、直线成形表面和空间曲面等。

(二) 工件基本表面的形成

1. 表面成形原理

任何表面都可以看作是一条线(称为母线)沿着另一条线(称为导线)运动的轨迹。母线和导线统称为形成表面的发生线(简称生线)。

(1) 圆柱面、圆锥面 它们都是由一条直线(母线)沿一个圆(导线)运动而形成的(见图 1-2a、b),但形成圆柱面时直线(母线)与轴线平行,形成圆锥面时直线(母线)与轴线相交。

(2) 直齿圆柱齿轮渐开线齿面 该面由渐开线(母线)沿垂直其所在平面的直线(导线)运动而形成(见图 1-2c)。

(3) 普通螺纹的螺旋面 它由“^”形线(母线)沿螺旋线(导线)运动而形成(见图 1-2d)。

(4) 平面 它由一条直线(母线)沿另一条直线(导线)运动而形成(见图 1-2e)。

(5) 直线成形曲面 它由曲线(母线)沿直线(导线)运动而形成(见图 1-2f)。

由图 1-2 可知,有些表面,其母线和导线可以互换,如圆柱面、直齿圆柱齿轮渐开线齿面、直线成形曲面和平面等,称为可逆表面;而另一些表面,其母线和导线不可互换,如圆锥面、螺旋面等,称为不可逆表面。

2. 表面发生线的形成方法

发生线是由刀具切削刃和工件的相对运动形成的。由于使用的刀具切削刃形状和采用的加工方法不同,形成发生线的方法和所需的运动也不同,可归纳为以下四种。

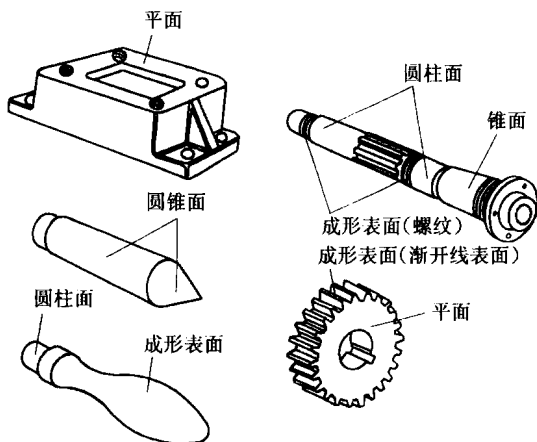


图 1-1 机器零件上常用的各种表面

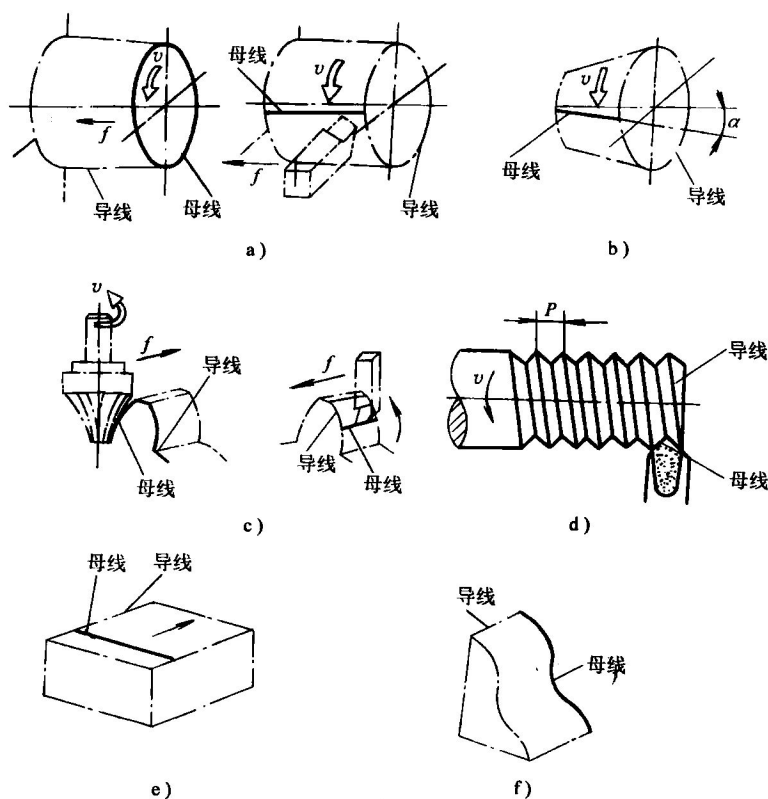


图 1-2 典型表面的形成原理图

a) 圆柱面 b) 圆锥面 c) 渐开线齿面 d) 螺旋面 e) 平面 f) 直线成形曲面

(1) 轨迹法(图 1-3a) 用尖头车刀、刨刀等刀具加工时,切削刃与被加工表面为点接触,切削刃为切削点 1,发生线 2 是切削点 1 按一定的规律作轨迹运动 3 而形成的。因此,采用轨迹法形成发生线,需要一个独立成形运动。

(2) 成形法(图 1-3b) 用各种成形刀具加工时,切削刃是与所需形成的发生线 2 完全吻合的切削线 1,因此,采用成形法形成发生线,不需任何运动。

(3) 相切法(图 1-3c) 采用铣刀、砂轮等旋转刀具加工时,切削刃在垂直于刀具旋转轴线的截面内看仍为切削点 1。加工时,刀具作旋转运动,刀具的旋转中心按一定规律作轨迹运动 3,切削点 1 运动轨迹的包络线便是所需的发生线 2。所以采用相切法形成发生线,需要两个成形运动(刀具旋转和刀具旋转中心按一定规律的运动)。

(4) 展成法(图 1-3d) 采用齿轮插

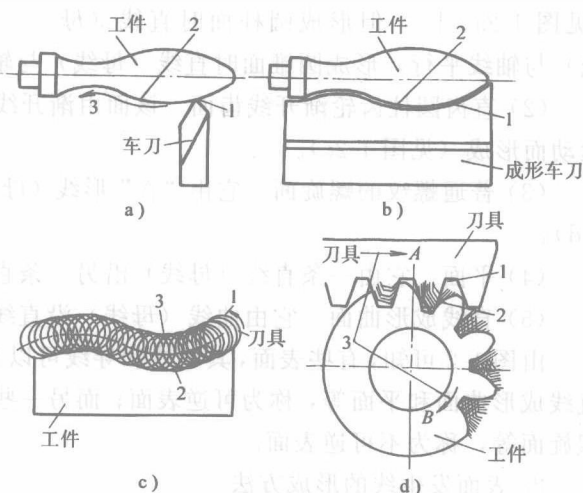


图 1-3 形成发生线的四种方法

a) 轨迹法 b) 成形法 c) 相切法 d) 展成法

刀、齿轮滚刀等刀具加工时,利用工件和刀具作展成切削运动进行加工的方法。切削刃为切削线 1,它与工件发生线 2 不相吻合。加工时,切削线 1 与发生线共轭相切(点接触),因而,采用展成法形成发生线时,需要一个独立的成形运动。这个运动称展成运动 3(即图 1-3d 中的 $A+B$)。

二、机床的运动

(一) 表面成形运动

直接参与切削过程,为形成所需表面形状有关的刀具与工件间的相对运动,称为表面成形运动。如图 1-4 中工件的旋转运动 I 和车刀的纵向直线运动 V 是形成圆柱体表面的成形运动。成形运动按其组成情况不同,可分为简单运动和复合运动。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。

1. 简单运动和复合运动

(1) 简单运动 如果一个独立的成形运动,是单独的旋转运动或直线运动。而这两种运动最简单,也最容易得到,因而称简单运动。在机床上,它以主轴的旋转,刀架或工作台的直线运动的形式出现。用符号 A 表示直线运动,用符号 B 表示旋转运动。如图 1-4 所示,用尖头车刀车圆柱面时,工件的旋转运动 I 和车刀的纵向直线运动 V 就是两个简单运动。

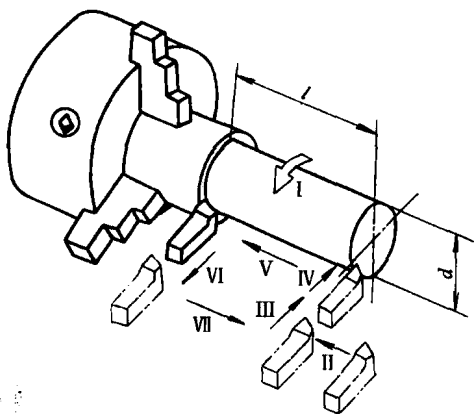


图 1-4 车削圆柱面过程中的运动

(2) 复合运动 如果一个独立的成形运动,由两个或两个以上的旋转运动或(和)直线运动,按照严格的运动关系组合而成,则称其为复合运动。如插齿加工时(见图 1-3d),为形成渐开线母线,需要齿条插刀直线移动和工件旋转组成的复合运动(展成运动),要求保持在齿条插刀直线运动一个齿距的同时,工件转过 $1/z$ 转(z 为被加工齿轮齿数)的严格运动关系。又如车螺纹时,形成螺旋线导线,需要工件旋转和刀具纵向移动组成复合运动(螺旋运动),要求保持在工件转一转的同时刀具移动一个螺纹导程的严格运动关系。

2. 主运动与进给运动

(1) 主运动 机床上形成切削速度并消耗大部分机床动力的运动称为主运动。例如,车削加工时工件的旋转运动、铣削时铣刀的旋转运动、磨削时砂轮的旋转运动等都是主运动。任何机床,必定有、且通常只有一个主运动。

(2) 进给运动 机床上维持切削加工过程连续不断进行的运动称为进给运动。如车削时刀具的纵向、横向进给,铣削时工作台的纵向、横向、垂直进给,磨外圆时工作台的纵向进给、工件的圆周进给等运动。当表面成形运动只有一个时,则该运动为主运动,而无进给运动。当表面成形运动有两个或两个以上时,则其中一个为主运动,其余的为进给运动。主运动和进给运动可以是简单运动,也可以是复合运动。

(二) 辅助运动

机床在切削加工中除表面成形运动以外的其它所有运动都称为辅助运动。如进给前后的快速运动和各种调位运动等各种空行程运动;用于保证被加工表面获得所需尺寸的切入运动;

当加工若干个完全相同的均匀分布的表面时,为使表面成形运动得以周期地连续进行的分度运动;操纵和控制机床的起动、停止、变速、换向、部件与工件的夹紧和松开、转位及自动换刀、自动测量、自动补偿等操纵与控制运动等,都属于辅助运动。

第二节 机床的传动系统

一、机床的传动联系

为了实现机床加工过程中所需的各种运动,机床必须具备执行件、动力源和传动装置三个基本部分。

(1) 执行件 是执行机床运动的部件,如主轴、刀架、工作台等。其任务是带动工件或刀具完成一定形式的运动,并保持准确的运动轨迹。

(2) 动力源 为机床提供动力和运动的装置。普通机床常用三相异步电动机,数控机床常用直流(或交流)调速电动机和伺服电动机。

(3) 传动装置 传递运动和动力的装置。通过它把动力源的运动和动力传给执行件,或把一个执行件的运动传给另一个执行件。传动装置同时还需完成变速、换向、改变运动形式等任务,使执行件获得所需的运动速度、运动方向和运动形式。

常用的传动装置有机械、液压(气压)和电气传动装置。

二、传动链与传动原理

连接动力源和执行件或连接一执行件和另一执行件,使它们保持运动联系的一系列传动件,称为传动链。每一条传动链都有首端件和末端件。首端件可以是动力源,也可以是执行件,末端件是执行件。

根据传动联系的性质,传动链分为外联系传动链和内联系传动链。传动链两端件间勿须保持严格的运动关系,传动比误差不会影响工件表面成形的传动链称为外联系传动链。如车床上车外圆柱面时,车床的主运动传动链和纵向进给运动传动链都是外联系传动链。两端件间必须保持严格的运动关系,传动比误差会影响工件表面成形的传动链,称内联系传动链。如车螺纹运动传动链,滚切圆柱齿轮的展成运动传动链,都是内联系传动链。内联系传动链用于联系复合运动的各个分解部分。

传动原理图常用一些简明的符号表示传动原理和传动路线。图 1-5 为传动原理图中常用的部分符号。表示执行件的符号,还没有统一的规定,一般采用较直观的图形表示。

卧式车床车外圆柱面和螺纹时,其传动原理图如图 1-6 所示。车外圆柱面时,机床有两条传动链,电动机至主轴为主运动传动链,主轴至刀架为进给运动传动链,两条传动链均为外联系传动链。

车螺纹时,必须保证主轴每转一转,刀具应移动一个螺纹导程的运动关系,所以主轴至刀架的车螺纹运动传动链为内联系传动链,此外,螺旋运动这个复合运动还应有一个外联系

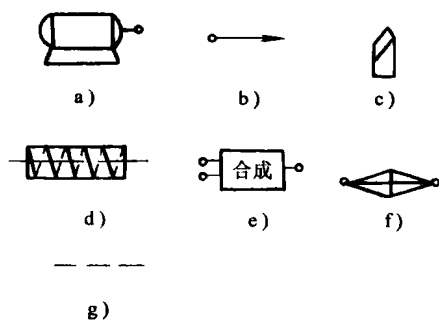


图 1-5 传动原理图常用符号

- a) 电动机 b) 主轴 c) 车刀 d) 滚刀
e) 合成机构 f) 传动比可变换的换置机构
g) 传动比不变的定比机构

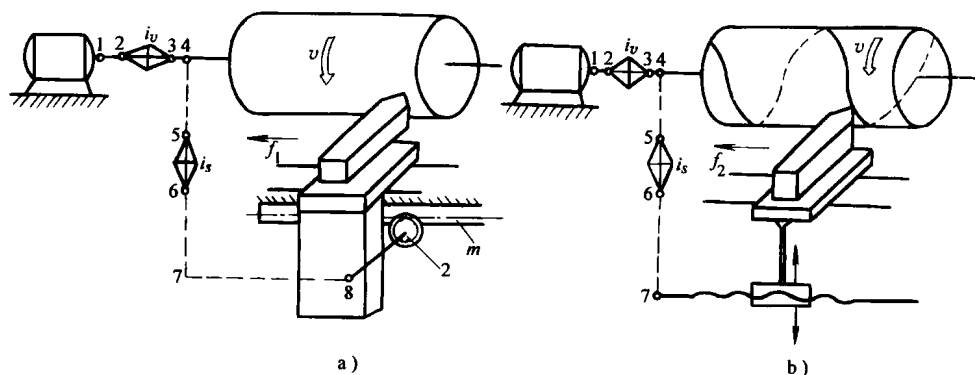


图 1-6 卧式车床的传动原理图

a) 车外圆柱面 b) 车螺纹

传动链与动力源相联系，即主运动传动链。

三、常用的几种机械传动装置

机械传动装置通常由定比传动副、变速机构、换向机构等组成。

(一) 定比传动副

定比传动副包括齿轮副、齿轮齿条副、带轮副、蜗杆蜗轮副和丝杠螺母副等。它们的传动比固定不变。此外，齿轮齿条副和丝杠螺母副也可以将旋转运动转变为直线运动。齿轮齿条副还可将齿条的直线运动转变为齿轮的旋转运动，但丝杠螺母副不能将直线运动转变为旋转运动（指滑动丝杠螺母副，滚珠丝杠螺母副例外）。

(二) 常用变速机构

变速机构是机床分级变速的基本机构。常用的有塔轮变速机构、滑移齿轮变速机构、离合器变速机构、配换齿轮变速机构和摆移齿轮变速机构等。

(1) 塔轮变速机构 塔轮变速机构如图 1-7a 所示，两个塔形带轮 1、3 分别固定在轴 I 与轴 II 上，传动带 2 可以在塔形带轮上移换三个不同的位置，使轴 I 与轴 II 间变换三种不同的传动比。当轴 I 以一种转速转动时，轴 II 可以获得三种不同的转速。这种变速机构结构简单、传动平稳、可起过载保护作用，但结构尺寸较大，变速不太方便，主要用于高速机床、小型机床及简式机床等主运动中。

(2) 滑移齿轮变速机构 如图 1-7b 所示为三联滑移齿轮变速机构。轴 I 上装有三个固定齿轮 z_1 、 z_2 、 z_3 ，三联滑移齿轮块以花键与轴 II 相连，当它移动到左、中、右三个不同的啮合位置时，使传动比不同的齿轮副 z_1/z'_1 、 z_2/z'_2 、 z_3/z'_3 依次啮合，获得三种不同的传动比。对应轴 I 的每一种转速，轴 II 都可获得三种不同的转速。滑移齿轮块上的齿轮数，一般为 2 和 3，也有极少数的为 4。这种变速机构结构紧凑、传动比准确、传动效率高、变速方便，但不能在运转过程中变速，在机床上应用广泛。

(3) 离合器变速机构 如图 1-7c 所示，齿轮 z_1 和 z_2 固定在轴 I 上，分别与空套在轴 II 上的齿轮 z'_1 和 z'_2 始终保持啮合。双向离合器 M 用花键与轴 II 联接。当离合器 M 左移或右移，与齿轮 z'_1 或 z'_2 接合时，轴 I 的运动分别经齿轮副 z_1/z'_1 或 z_2/z'_2 带动轴 II 转动，使轴 II 获得两种不同的转速。离合器变速机构变速方便，变速时齿轮不用移动，可采用斜齿轮传动，使传动平稳，在齿轮尺寸较大时，操纵力较小。如采用摩擦式离合器，可以在运动中变速，但各对

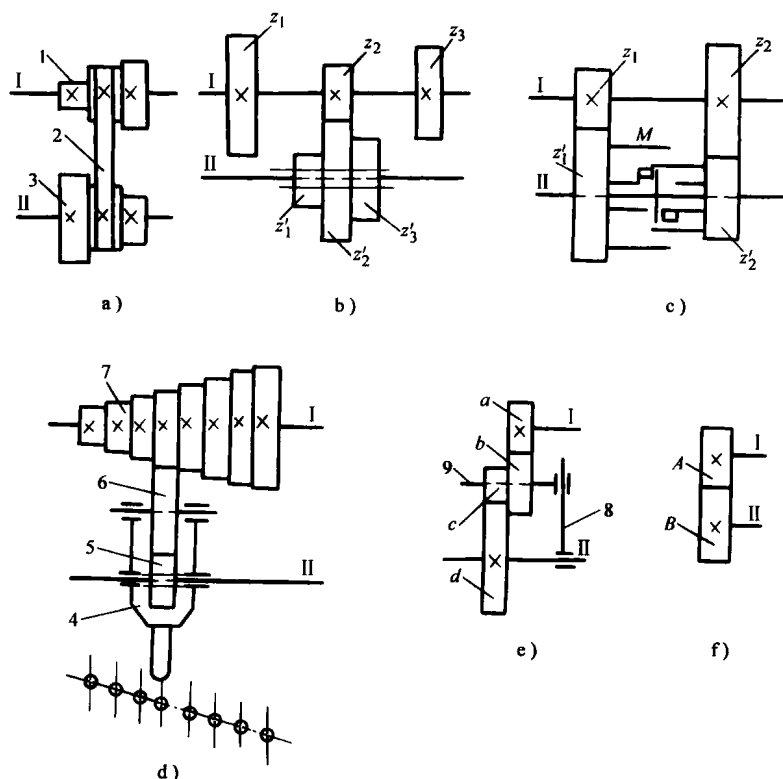


图 1-7 常用机械分级变速机构

1、3—带轮 2—传动带 4—摆移架 5—滑移齿轮 6—空套摆移齿轮
7—塔齿轮 8—挂轮架 9—中间轴

齿轮副总是处于啮合状态，磨损较大，传动效率低。这种离合器主要用于重型机床以及采用斜齿圆柱齿轮传动的变速机构（用牙嵌式离合器）和自动、半自动机床（用摩擦式离合器）。

(4) 摆移齿轮变速机构 如图 1-7d 所示，在轴 I 上装有多数模数相同、齿数不同的齿轮 7，称为塔齿轮。摆移架 4 能绕轴 II 摆动并带动滑移齿轮 5 沿轴向移动。在摆移架的中间轴上装有与滑移齿轮 5 啮合的空套摆移齿轮 6。将摆移架移动到不同的位置，并作相应的摆动，轴 II 上的滑移齿轮通过中间齿轮 6 与轴 I 上不同齿数的齿轮相啮合，从而获得多种传动比。该机构刚性较差，一般只用于车床的进给箱中。

(5) 配换齿轮变速机构 这种机构又称挂轮机构，常用的有一对和两对配换齿轮形式。一对配换齿轮变速机构如图 1-7f 所示，轴 I 和轴 II 上装有一对可以拆卸的配换齿轮 A 和 B，在保持配换齿轮齿数不变的情况下，相应改变齿轮 A 和 B 的齿数，以改变其传动比，实现输出轴的变速。采用两对配换齿轮的变速机构如图 1-7e 所示，配换齿轮 a 和 d 分别装在位置固定的轴 I 和轴 II 上，挂轮架 8 可绕轴 II 摆动，中间轴 9 在挂轮架上可作径向调整移动，并用螺栓紧固在任何径向位置上。齿轮 c 和 b 空套在中间轴上，当调整中间轴的径向位置使齿轮 c、d 正确啮合之后，则可摆动挂轮架使齿轮 a 与 b 也处于正确的啮合位置。因此，通过改变配换齿轮 a、b、c、d 的齿数，可获得需要的传动比。配换齿轮变速机构结构简单、紧凑，但调整变速麻烦、费时费力。一对配换齿轮变速机构刚性好，用于不需经常变速的齿轮加工机床、半自动和自动机床等主传动系统。两对配换齿轮变速机构，由于装在挂轮架上的中间轴刚度较

差,一般只用于进给运动和需要保持准确运动关系的传动链中。

(三) 换向机构

换向机构用来改变机床执行件的运动方向。换向机构的类型很多,常用的有滑移齿轮换向机构和锥齿轮—牙嵌式离合器换向机构。

(1) 滑移齿轮换向机构 如图 1-8a 所示,轴 I 上装有一齿数相同的 ($z_1 = z'_1$) 双联齿轮,中间轴上装有一空套齿轮 z_0 ,花键轴 II 上装有单联滑移齿轮 z_2 。当齿轮 z_2 处于右位(图 1-8a 所示位置)时,轴 I 的运动经齿轮 z_1 、 z_0 和 z_2 传给轴 II,轴 II 与轴 I 的旋转方向相同;当齿轮 z_2 向左移动与轴 I 上的齿轮 z'_1 直接啮合时,则轴 I 的运动经齿轮副 z'_1/z_2 传给轴 II,轴 II 与轴 I 的旋转方向相反。该机构刚性好,多用于机床的主传动链。

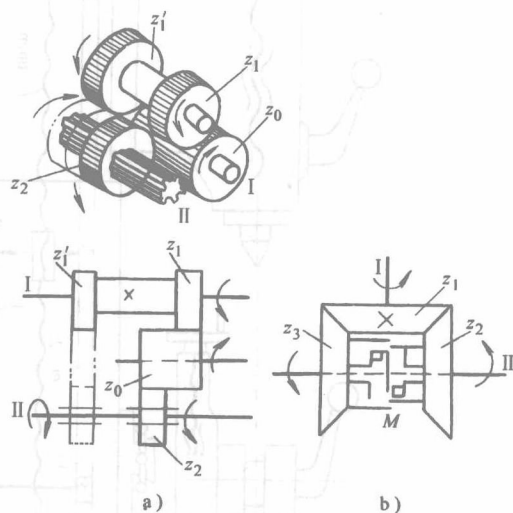


图 1-8 常用换向机构

(2) 锥齿轮—牙嵌式离合器换向机构 如图 1-8b 所示,固定在主动轴 I 上的锥齿轮 z_1 同时与空套在轴 II 上的锥齿轮 z_2 和 z_3 相啮合,齿轮 z_2 和 z_3 转向相反。与花键轴 II 联接的双向牙嵌式离合器 M 分别与锥齿轮 z_2 和 z_3 啮合,轴 II 就能获得两个不同方向的旋转运动。

四、机床的传动系统分析

(一) 传动系统图

用规定的简单符号(见 GB/T 4460—1984《机械制图机构运动简图符号》)表示机床的传动系统中,联系机床各条传动链首端件与末端件的综合简图,称机床的传动系统图。图 1-9 为一台简单卧式车床的传动系统图。

传动系统图用规定的简单符号,表示传动系统中机床的各条传动链、各传动件的类型和连接方式、传动件的传动参数、运动的传动路线、运动的变速、换向、接通和断开原理。

如图 1-9 所示,传动系统图一般绘制成平面展开图。绘图时,将机床的传动系统画在一个能反映机床外形和主要部件相互位置的投影面上,并限制在机床外形的轮廓线内。各传动元件是按照运动传递的先后顺序,以展开图的形式绘制。传动系统图只表示传动关系,并不代表各传动件的实际尺寸和空间位置。为了使传动系统图能表示出空间立体关系,可采用一些特殊画法,如传动件可不按比例绘制;可根据作图的需要将同一根轴用折断或弯曲成一定角度的折线表示;将相互啮合的齿轮分离绘制,并用虚线或大括号来表示其运动联系等。传动系统图上通常还注明齿轮和蜗轮的齿数、蜗杆头数、丝杠的导程和头数、带轮直径、电动机的转速和功率、传动轴的编号等。传动轴的编号,一般从动力源开始,按运动传递顺序,依次用罗马字母 I、II、III……表示。

(二) 简单卧式车床传动系统图分析

图 1-9 为简单卧式车床的传动系统图。它由主运动传动链、纵向进给运动传动链、横向进给运动传动链和车螺纹运动传动链组成。