

金属切削机床 概论

吉林工业大学 贾亚洲 主编

高等学校教材

机械工业出版社

本书为机制专业教学指导委员会推荐教材,是根据现代机床的新产品和机床技术的新发展以及新的教学大纲,在吴圣庄主编《金属切削机床概论》一书的基础上编写的。此书更新了原教材中的陈旧内容,调整了教材的体系,压缩了篇幅,力求教材具有先进性和实用性。全书以机床的运动分析为主线,并突出了现代计算机数控(CNC)机床在本书中的地位。本书反映了我国机床技术发展的现状和动向。

主要内容有:绪论、机床运动分析、车床、磨床、齿轮加工机床、数控机床、其它机床。

本书为机械制造及其它相关专业的教材,也可供职大、业大教学用。亦可供有关的机床研究所、机械制造类工厂的工程技术人员参考。

金属切削机床概论

吉林工业大学 贾亚洲 主编

*

责任编辑:王世刚 版式设计:胡金瑛

封面设计:姚毅 责任校对:刘志文

责任印制:王国光

*

机械工业出版社出版(北京市百万庄大街22号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

四川省金堂新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 14 字数 343 千字

1998年10月第1版 第5次印刷

印数 46 001—54 000·定价:17.00元

*

ISBN 7-111-04051-1/TG·882(课)

前 言

近些年来,国内外机床工业及其相关技术的发展十分迅速,以计算机数控(CNC)为特征的现代化机床在生产中广泛应用。同时,我国高校教学改革正在深化,对教材建设提出了更高的要求。在机床技术迅猛发展和教材建设日臻完善的新形势下,金属切削机床课程的教材更新势在必行。全国高等工业学校机械制造专业教学指导委员会决定在“八五”期间编写两部机床教材:《金属切削机床》(含概论和设计)和《金属切削机床 概论》,供机械制造和其它相关专业使用。本书就是根据教学指导委员会的指示精神,在1985年吴圣庄主编《金属切削机床概论》一书的基础上编写的。

本书在编写过程中,既保留了吴圣庄原著中的一些风貌,同时也进行了多方面的改革,其中主要是:更新了教材的内容,调整了教材的体系,精简了教材的篇幅,简要说明如下:

1. 教材内容的更新 计算机数控(CNC)机床及加工中心具有强烈的现代特征,本书力求突出机床数控化这一时代特点。为此,本书增编了“数控机床”一章,介绍了现代数控机床的主要内容。在其它有关章节中,也相应地介绍了我国广泛使用的数控车床、数控铣床等,以突出数控机床在本书中的地位。

由于数控技术在机床领域的不断发展,以凸轮控制的传统的自动和半自动机床逐渐被数控机床所取代,因此本书删去了“自动机床”一章,将其简化为一节附在“车床”一章之后。在其它章节中,也淘汰了一些较为陈旧的机床,例如“齿轮加工机床”一章中,典型机床以功能更加完善的YC3180型硬齿面滚齿机代替了Y3150E型普通滚齿机。

2. 教材体系的调整 本书增编了“机床的运动分析”一章,冠以全书之首。在讲解各类机床时,都以机床运动分析为主线,使学生用较少的时间达到对金属切削机床的工作原理、传动及结构有所了解,用运动分析的思想掌握认识机床和分析机床的方法。

3. 教材篇幅的精简 本书以实用教学为出发点,贯彻“少而精”的原则,大量压缩篇幅。本书仍以典型机床为重点,适当扩展,突出重点,以点带面,以使本教材更符合教学的需要。

在编写过程中,力求教材具有先进性和实用性,由本书可以洞悉我国机床工业发展的现状和动向。

参加本书编写的有贾亚洲、刘梅艳、申桂香和宋在明,全书由贾亚洲主编。

书稿由湖南大学李传乾教授主审。主审在初稿审定过程中,严格把关,提出了大量的修改意见,对本书的编写质量起了保证作用。有关的机床研究所、机床厂和兄弟院校对本书的编写给予热情的支持与帮助,在此谨表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限和编写时间仓促,书中的错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

1993年6月

目 录

绪论	1
第一章 机床的运动分析	9
第一节 工件加工表面及其形成方法	9
第二节 机床的运动	13
第三节 机床的传动联系和传动原理图	16
第四节 机床运动的调整	20
第二章 车床	22
第一节 车床的用途、运动和分类	22
第二节 CA6140型卧式车床的工艺范围和布局	23
第三节 CA6140型卧式车床的传动系统	25
第四节 CA6140型卧式车床的主要结构	36
第五节 CK3263B型数控(CNC)转塔车床	54
第六节 CM1107型精密单轴纵切自动车床	62
第三章 磨床	76
第一节 磨床的功用和类型	76
第二节 M1432A型万能外圆磨床	76
第三节 其它类型磨床简介	88
第四节 高精度磨床	96
第四章 齿轮加工机床	99
第一节 齿轮加工机床的工作原理和分类	99
第二节 滚齿机的运动分析	100
第三节 YC3180型淬硬滚齿机	106
第四节 内联系传动链换置器官的布局方案与挂轮的微机选取法	116
第五节 其它齿轮加工机床的运动分析	120
第五章 数控机床	131
第一节 数控机床的产生和特点	131
第二节 数控的工作原理	133
第三节 数控机床的伺服系统	136
第四节 数控机床的程序编制	139
第五节 JCS-018型立式镗铣加工中心	148
第六节 机床数控技术的发展	157
第六章 其它机床	165
第一节 铣床	165
第二节 镗床	169
第三节 钻床	182
第四节 组合机床	188
第五节 直线运动机床	206
附录	210
参考文献	220

绪 论

一、金属切削机床及其在国民经济中的地位

金属切削机床 (Metal cutting machine tools) 是用切削的方法将金属毛坯加工成机器零件的机器, 它是制造机器的机器, 所以又称为“工作母机”或“工具机” (Machine tools), 习惯上简称为机床。

在现代机械制造业中加工机器零件的方法有多种, 如铸造、锻造、焊接、切削加工和各种特种加工等, 但切削加工是将金属毛坯加工成具有一定形状、尺寸和表面质量的零件的主要加工方法, 在加工精密零件时, 目前主要是依靠切削加工来达到所需的加工精度和表面质量。所以, 金属切削机床是加工机器零件的主要设备, 它所担负的工作量, 约占机器总制造工作量的40%~60%, 机床的技术水平直接影响机械制造业的产品质量和劳动生产率。

机床的母机属性决定了它在国民经济中的重要地位。机床工业为各种类型的机械制造厂提供先进的制造技术与优质高效的机床设备, 促进机械制造业的生产能力和工艺水平的提高。机械制造业肩负着为国民经济各部门提供现代化技术装备的任务, 即为工业、农业、交通运输业、科研和国防等部门提供各种机器、仪器和工具。为适应现代化建设的需要, 必须大力发展机械制造业。可见, 机械制造业是国民经济各部门赖以发展的基础, 而机床工业则是机械制造业的基础。一个国家机床工业的技术水平在很大程度上标志着这个国家的工业生产能力和科学技术水平。显然, 金属切削机床在国民经济现代化建设中起着重大的作用。

二、机床的发展概况和我国机床工业目前的水平

金属切削机床是人类在改造自然的长期生产实践中, 不断改进生产工具的基础上产生和发展起来的。最原始的机床是依靠双手的往复运动, 在工件上钻孔。最初的加工对象是木料, 为加工回转体, 出现了依靠人力使工件往复回转的原始车床。在原始加工阶段, 人既是机床的原动力, 又是机床的操纵者。

当加工对象由木材逐渐过渡到金属时, 车圆、钻孔等都要求增大动力, 于是就逐渐出现了水力、风力和畜力等驱动的机床。随着生产的发展和需要, 15~16世纪出现了铣床、磨床。我国明朝宋应星所著“天工开物”中就已对天文仪器进行铣削和磨削加工的记载。18世纪出现了刨床。

18世纪末, 蒸汽机的出现, 提供了新型的巨大的能源, 使生产技术发生了革命性的变化。由于在加工过程中逐渐产生了专业性分工, 因而出现了各种类型的机床。19世纪末, 机床已扩大到许多种类型, 这些机床多采用天轴—皮带传动, 性能很低。20世纪以来, 齿轮变速箱的出现, 使机床的结构和性能发生了根本性变化。随着电气控制、液压件传动等科学技术的出现及其在机床上的普遍应用, 使机床技术有了迅速的发展, 除通用机床外又出现了许多各式各样的专用机床。在机床发展的这个阶段, 机床的动力已由自然力代替了人力, 人只须操纵机床, 生产力已不受人的体力的限制。

近些年来, 电子技术、计算机技术、信息技术、激光技术等的发展并在机床领域得到应

用,使机床开始了迅猛发展的新时代。多样化、精密化、高效化、自动化是这一时代机床发展的基本特征。也就是说,机床的发展紧密迎合社会生产的多种多样和越来越高的要求。通过机床加工的精密化、高效化和自动化来推动和发展社会生产力。

新技术的迅速发展和客观要求的多样化,决定了机床必须多品种。技术的加速发展更新和产品更新换代的加快使机床主要面向多品种,中小批生产。因此现代机床不仅要保证加工精度、效率和高度自动化,还必须有一定的柔性,即灵活性,使之能够很方便地适应加工对象的改变。

近些年来,数控机床以其加工精度高、生产率高、柔性高、适应中小批生产而日益受到重视。由于数控机床无须人工操作,而是靠数控程序完成加工循环,调整方便,适应灵活多变的产品,使得中、小批生产自动化成为可能。80年代是数控机床、数控系统大发展的时代,这个发展大潮正在方兴未艾之中。1989年全世界数控机床(含锻压机床)的年产量超过10万台。数控机床和自动换刀的各种加工中心机床已成为当今机床发展的趋势。世界著名企业中数控机床在加工设备中所占比例明显提高。美国通用电器公司数控机床占70%。从1982年起,日本的机床工业产值连年独占鳌头,日本机床发展反映着世界机床发展趋势。日本数控机床以年均2.88%的增长率增长,到1990年,日本机床产值数控化率超过80%,且主要生产高档数控机床。

在机床数控化过程中,机械部件的成本在机床系统中的比重不断下降,而电子硬件与软件比重不断上升。以美国为例,在70年代,机械部分成本比重占80%,电子硬件占20%,到90年代,机械部分成本下降为30%,而电子硬件和软件却上升为70%。随着计算机技术的迅速发展,数控技术已由硬件数控进入了软件数控的时代,实现了模块化、通用化、标准化。用户只要根据不同需要,选用不同模块,编制自己所需程序,就可很方便地达到目的。

数控技术也使机床结构发生重大变革。主传动系统采用直流或交流调速电机,主轴实现无级调速,简化了传动链。采用交流变频技术,调速范围可达1:10万以上,主轴转速可达75000r/min。机床进给系统用直流或交流伺服电机带动滚珠丝杠实现进给驱动,简化了进给传动机构。为提高工效,快进速度目前最高达60m/min,切削进给速度也达到6~10m/min。

数控机床达到了前所未有的加工精度。日本研制的超精数控车床,其分辨率达0.01 μ m,圆度误差达0.03 μ m。现在加工中心机床工作台定位精度可达1.5 μ m/全行程,数控转台控制精度达万分之一度。

近些年来,数控机床的可靠性水平不断提高,数控装置的平均无故障工作时间(MTBF)已达10000h。1990年日本FANUC公司声称其数控系统平均100个月发生一次故障。

可见,数控技术正迅速地向更高的水平发展,数控机床已经成为机床诸多品种中的佼佼者。数控机床的应用可全面提高机械工业的技术水平。

从生产力发展的过程看,机床发展到数控化阶段,不仅机床的动力无需人力,而且机床的操纵也由机器本身完成了。人的工作只是编制加工程序,调整刀具等,为机床的自动加工准备好条件。然后则由电脑控制机床自动完成加工过程。

我国的机床工业是在新中国成立后建立起来的。在半封建半殖民地的旧中国基本上没有机床制造工业,至解放前夕,全国只有少数几个机械修配厂,生产结构简单的少量机床,1949年机床年产量仅1500多台。

解放后的40多年来,我国机床工业获得了高速发展。目前我国已形成了布局比较合理、比较完整的机床工业体系。机床的产量不断上升,机床产品除满足国内建设的需要以外,而且有一部分产品远销国外。我国已制订了完整的机床系列型谱,生产的机床品种也日趋齐全;现在已经具备成套装备现代化工厂的能力。目前我国已能生产从小型仪表机床到重型机床的各种各样机床,也能生产出各种精密的、高度自动化的、高效率的机床和自动线。我国机床的性能也在逐渐提高,有些机床的性能已经接近世界先进水平。

在消化吸收引进技术的基础上,我国的数控技术也有新的发展。目前我国已能生产100多种数控机床,并研制出六轴五联动的数控系统,可用于更加复杂型面的加工。国产数控机床的分辨率已经提高到0.001mm。我国生产的几种数控机床已经成功地用于日本富士通公司的无人工厂(Unmanned factory)。

我国机床工业已经取得了巨大的成就,但与世界先进水平相比,还有较大的差距。主要表现在:大部分高精度和超精密机床的性能还不能满足要求,精度保持性也较差,特别是高效自动化和数控机床的产量、技术水平和质量保证等方面都明显落后。到1990年底,我国数控机床的产量不足全部机床产量的1.5%,数控机床的拥有量不足一万台,还不到日本1988年数控机床产量的1/4。1990年国产机床产值数控化率仅为8.7%,而日本为80%,德国为54.2%。我国数控机床基本上是中等规格的车床、铣床和加工中心等,而精密的、大规格及超大规格或小规格的还远远不能满足需要。至于航天、航空、冶金、汽车、造船和重型机器制造等工业部门所需要的多种类型的特种数控机床基本上还是一片空白。

在技术水平和性能方面的差距也很明显。国外已做到了15~19轴联动,分辨率达0.1~0.01 μ m,而我国目前只能做到5~6轴联动,分辨率为1 μ m。国内产品的质量与可靠性也不够稳定,特别是先进数控系统的开发和研制还需作进一步的努力;机床基础理论和应用技术的研究明显落后,人员技术素质还跟不上现代机床技术飞速发展的需要。

我国目前对数控机床的需求日益增加,国内市场需求量很大,而且可望开拓国际市场。我们一定要尽快开发设计出我国自己的数控机床产品,从而较快地缩短我国与先进国家的差距。因此,我国机床工业面临着光荣而艰巨的任务,我们必须奋发图强、努力工作,不断扩大技术队伍和提高人员的技术素质,学习和引进国外的先进科学技术,以便早日赶上世界先进水平。

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,为了便于区别、使用和管理,须对机床加以分类和编制型号。

(一) 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的刀具进行分类。根据我国制定的机床型号编制方法,目前将机床共分为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、锯床及其它机床。在每一类机床中,又按工艺范围、布局型式和结构等,分为10个组,每一组又细分为若干系(系列)。

在上述基本分类方法的基础上,还可根据机床其它特征进一步区分。

同类型机床按应用范围(通用性程度)又可分为:

1. 通用机床 它可用于加工多种零件的不同工序,加工范围较广,通用性较大,但结构比较复杂。这种机床主要适用于单件小批生产,例如卧式车床、万能升降台铣床

等。

2. 专门化机床 它的工艺范围较窄，专门用于加工某一类或几类零件的某一道（或几道）特定工序，如曲轴车床、凸轮轴车床等。

3. 专用机床 它的工艺范围最窄，只能用于加工某一种零件的某一道特定工序，适用于大批量生产。如机床主轴箱的专用镗床、车床导轨的专用磨床等，汽车、拖拉机制造中使用的各种组合机床也属于专用机床。

同类型机床按工作精度又可分为：普通精度机床、精密机床和高精度机床。

机床还可按自动化程度分为：手动、机动、半自动和自动的机床。

机床还可按重量与尺寸分为：仪表机床、中型机床（一般机床）、大型机床（重量达10t）、重型机床（大于30t）和超重型机床（大于100t）。按机床主要工作部件的数目，可分为单轴的、多轴的或单刀的、多刀的机床等。

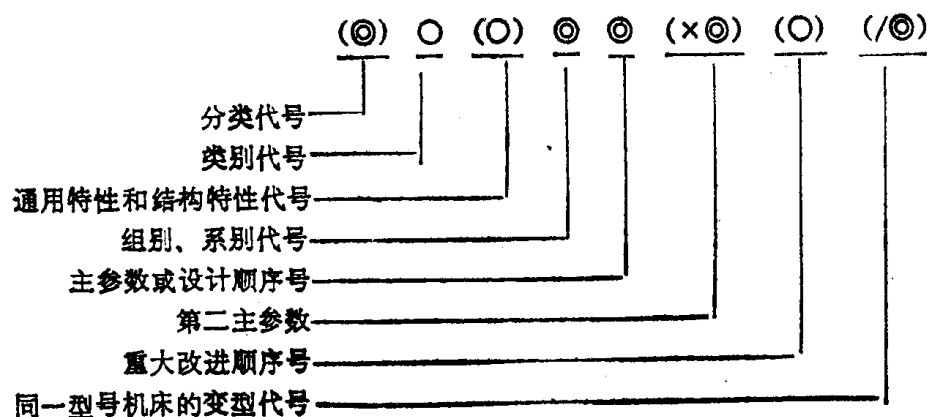
通常，机床根据加工性质进行分类，再根据其某些特点进一步描述，如多刀半自动车床、高精度外圆磨床等。

随着机床的发展，其分类方法也将不断发展。现代机床正向数控化方向发展，数控机床的功能日趋多样化，工序更加集中。现在一台数控机床集中了越来越多的传统机床的功能。例如，数控车床在卧式车床功能的基础上，又集中了转塔车床、仿形车床、自动车床等多种车床的功能；车削中心出现以后，在数控车床功能的基础上，又加入了钻、铣、镗等类机床的功能。又如，具有自动换刀功能的镗铣加工中心机床（习惯上所称的“加工中心”，Machining center）集中了钻、镗、铣等多种类型机床的功能；有的加工中心的主轴既能立式又能卧式，又集中了立式加工中心和卧式加工中心的功能。可见，机床数控化引起机床传统分类方法的变化，这种变化主要表现在机床品种不是越分越细，而应是趋向综合。

（二）机床型号的编制方法

机床的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、通用和结构特性、主要技术参数等。我国的机床型号，现在是按1985年颁布的标准“JB1838—85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，它适用于各类通用机床和专用机床（不包括组合机床）。

1. 通用机床型号 通用机床型号用下列方式表示：



其中，(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) “()”的代号或数字，当无内容时，则不表示，若有内容，则不带括号。

(1) 机床类、组、系的划分及其代号 机床的类别用汉语拼音大写字母表示。例如，“车床”的汉语拼音是“Chechuang”，所以用“C”表示。当需要时，每类又可分为若干分类；分类代号用阿拉伯数字表示，在类代号之前，它居于型号的首位，但第一分类不予表示，例如，磨床类分为M、2M、3M三个分类。机床的类别代号及其读音如表1所示。

表1 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	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
参考读音	车	钻	镗	磨	2磨	3磨	牙	丝	铣	刨	拉	电	割	其

机床的组别和系别代号用两位数字表示。每类机床按其结构性能及使用范围划分为10个组，用数字0~9表示。每组机床又分若干个系（系列），系的划分原则是：主参数相同，并按一定公比排列，工件和刀具本身的和相对的运动特点基本相同，且基本结构及布局型式相同的机床，即划为同一系。机床的类、组划分详见表2，常用机床的组别和系别代号见本书附录。

表2 金属切削机床类、组划分表

类别		组别									
		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、锭及齿轮车床	其他车床	
		坐标镗床	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		
钻床Z											
镗床T			深孔镗床		坐标镗床	立式镗床	卧式铣镗床	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、活塞环磨削机床	汽车、拖拉机修磨机床
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				套螺纹机	攻螺纹机		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	

(续)

类别	组别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
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	铣锯床		
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					

(2) 机床的特性代号 它表示机床所具有的特殊性能, 包括通用特性和结构特性。当某类型机床除有普通型外, 还具有如表 3 所列的某种通用特性时, 则在类别代号之后加上相应的特性代号。例如“CK”表示数控车床。如同时具有两种通用特性时, 则可用两个代号同时表示, 如“MBG”表示半自动高精度磨床。如某类型机床仅有某种通用特性, 而无普通型者, 则通用特性不必表示。如C1107型单轴纵切自动车床, 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。

表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
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J
读音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	筒

为了区分主参数相同而结构不同的机床, 在型号中用结构特性代号表示。结构特性代号为汉语拼音字母。例如, CA6140型卧式车床型号中的“A”, 可理解为这种型号车床在结构上区别于C6140型车床。结构特性的代号字母是根据各类机床的情况分别规定的, 在不同型号中的意义可不一样。

(3) 机床主参数、第二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。

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, 则在设计顺序号之前加“0”。

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等。第二主参数也用折算值表示。

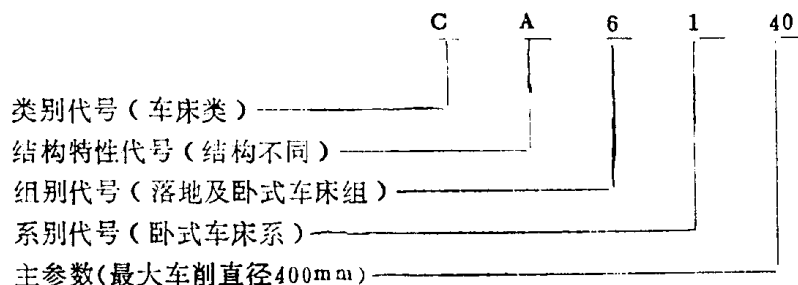
常用机床的主参数和第二主参数见本书附录。

(4) 机床的重大改进顺序号 当机床的性能及结构布局有重大改进, 并按新产品重新设计、试制和鉴定时, 在原机床型号的尾部, 加重大改进顺序号, 以区别于原机床型号。序号按A、B、C、……等字母的顺序选用。

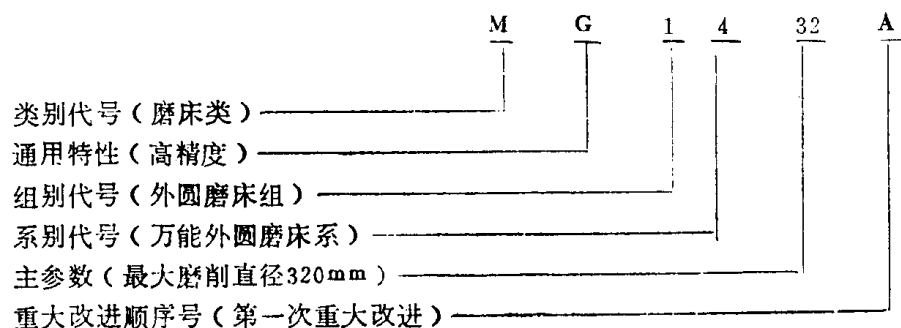
(5) 同一型号机床的变型代号, 某些机床, 根据不同的加工需要, 在基本型号机床的基础上, 仅改变机床的部分性能结构时, 则在基型机床型号之后加 1、2、3、……等变型代号。

综合上述通用机床型号的编制方法, 举例如下:

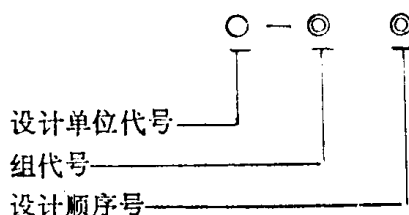
例1 CA6140型卧式车床



例2 MG1432A型高精度万能外圆磨床



2. 专用机床型号 专用机床型号表示方法为:



设计单位为机床厂时, 设计单位代号由机床厂所在城市名称的大写汉语拼音字母及该机床厂在该城市建立的先后顺序号, 或机床厂名称的大写汉语拼音字母表示。设计单位为机床研究所时, 设计单位代号由研究所名称的大写汉语拼音字母表示。

专用机床的组代号用一位数字表示, 数字由 1 起始, 位于设计单位代号之后, 并用“-”分开, 读作“至”。专用机床的组, 按产品的工作原理划分, 由各机床厂、所, 根据产品情况自行确定。

专用机床的设计顺序号, 按各机床厂、所的设计顺序排列, 由“001”起始, 位于专用机床的组代号之后。

例如, 北京第一机床厂设计制造的第一百种专用机床为专用铣床, 属于第三组, 其编号为: B1-3100。

显然, 目前使用的机床型号编制办法有些过细。由前述可知, 机床数控化以后, 其功能日趋多样化, 一台数控车床同时具有多种组别和系别的车床的功能, 这就是说, 很难把它归

属于哪个组别、哪个系列的机床了。

现代机床的发展趋势是机床功能部件化了，每个功能部件是独立存在的，机床生产厂根据市场需求设计与制造各种功能部件。以数控车床为例，典型的功能部件可以是尾架、多种类型的转塔刀架和下刀架、主轴分度机构等等，这些都可由机床用户选择订货。机床产品已经走向市场的今天，不再是机床厂生产什么样机床，用户就买什么样机床，而是用户需要什么，机床厂就制造什么。然而，目前的机床型号编制方法仍然是“我造什么你买什么”，已不适应机床市场发展的新形势。随着机床工业的发展，机床型号的编制方法将继续修订和补充。

第一章 机床的运动分析

机床的运动分析就是研究在金属切削机床上的各种运动及其相互联系。根据在机床上加工的各种表面和使用的刀具类型，分析得到这些表面的方法和所需的运动。在此基础上，进一步分析为了实现这些运动，机床必须具备的传动联系，实现这些传动的机构，以及机床运动的调整方法。这个机床运动分析过程是认识和分析机床的基本方法，我们称之为“表面—运动—传动—机构—调整”的认识机床方法。

通过运动分析可以看出：尽管机床品种繁多，结构各异，但不过是几种基本运动类型的组合与转化。机床运动分析的目的在于：利用非常简便的方法来分析、比较各种机床的传动系统，以掌握机床的运动规律，从而达到合理地使用机床和正确地设计机床的传动系统。

本章重点讲述机床的运动分析的基本内容，其中有关实现传动的具体机构和调整，将在以后各章中结合具体机床介绍。

第一节 工件加工表面及其形成方法

一、被加工工件的表面形状

在切削加工过程中，装在机床上的刀具和工件按一定的规律作相对运动，通过刀具的刀刃对工件毛坯的切削作用，把毛坯上多余的金属切掉，从而得到所要求的表面形状。图1-1就是机器零件上常用的各种表面。

可以看出，工件表面是由几个表面元素组成的。这些表面元素是：平面、圆柱面、圆锥面、球面、圆环面、螺旋面和成型表面等，这些简单的表面如图1-2所示。

二、工件表面的形成方法

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。

为得到平面（图1-2a），必须使直线1（母线）沿着直线2（导线）移动。直线1和2就是形成平面的两条发生线。为得到直线成型表面（图1-2b），须使直线1（母线）沿着曲线2（导线）移动，直线1和曲线2就是形成直线成型表面的两条发生线。同样，为形成圆柱面（图1-2c）须使直线1（母线）沿圆2（导线）运动，直线1和圆2就是它的两条发生线等等。

但是还需要注意，有些表面的两条发生线完全相同，只因母线的原始位置不同，也可形成不同的表面。如图1-3中，母线皆为直线1，导线皆为圆2，轴线皆为 $o-o$ 。所需要的运动也相同。但由于母线相对于旋转轴线 $o-o$ 的原始位置不同，所产生的表面也就不同，如圆柱面、圆锥面或双曲面等。

形成平面、直线成型表面和圆柱面的两条发生线——母线和导线可以互换；而不改变形成表面的性质。如在图1-2a中，平面也可以看成是直线2沿直线1移动形成。在图1-2b中，直线成型表面可以看成是曲线2沿直线1运动形成的。在图1-2c中，圆柱面也可以看成是圆2沿直线1运动而形成的，等等。这种母线与导线可以互换的表面称为可逆表面。

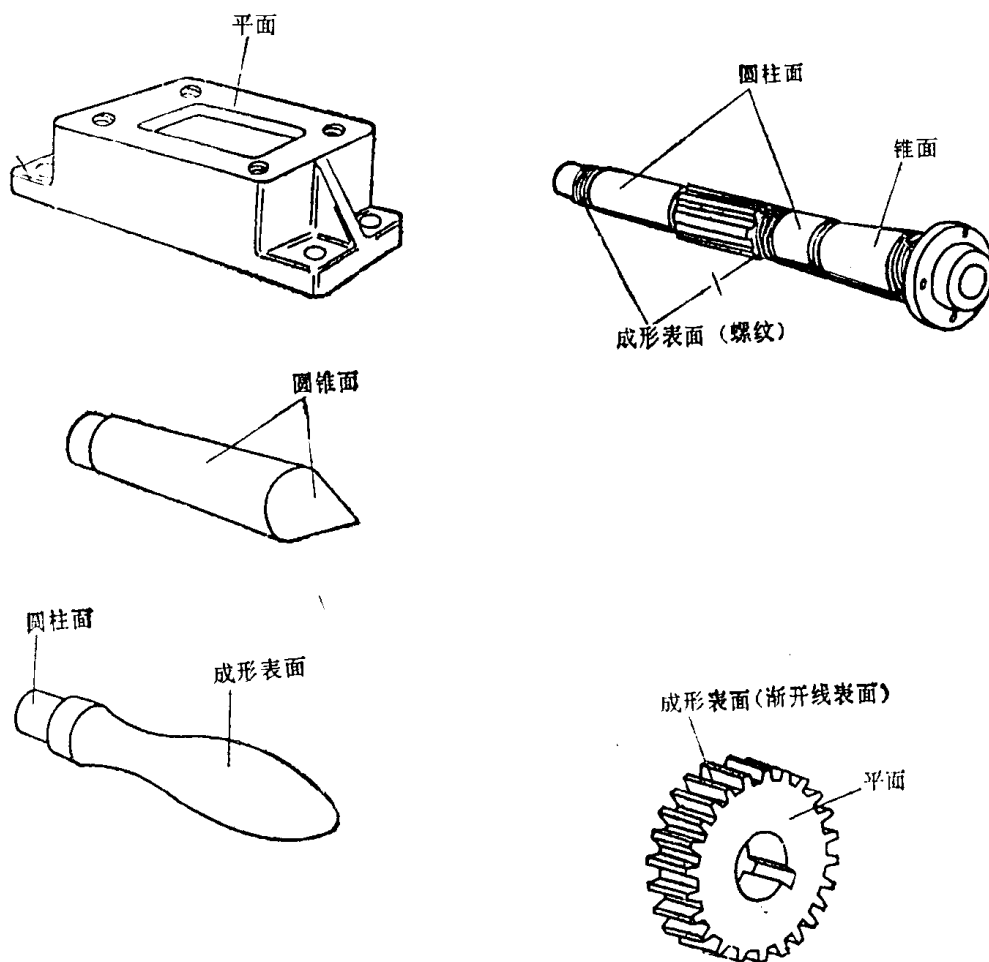


图 1-1 机器零件上常用的各种表面

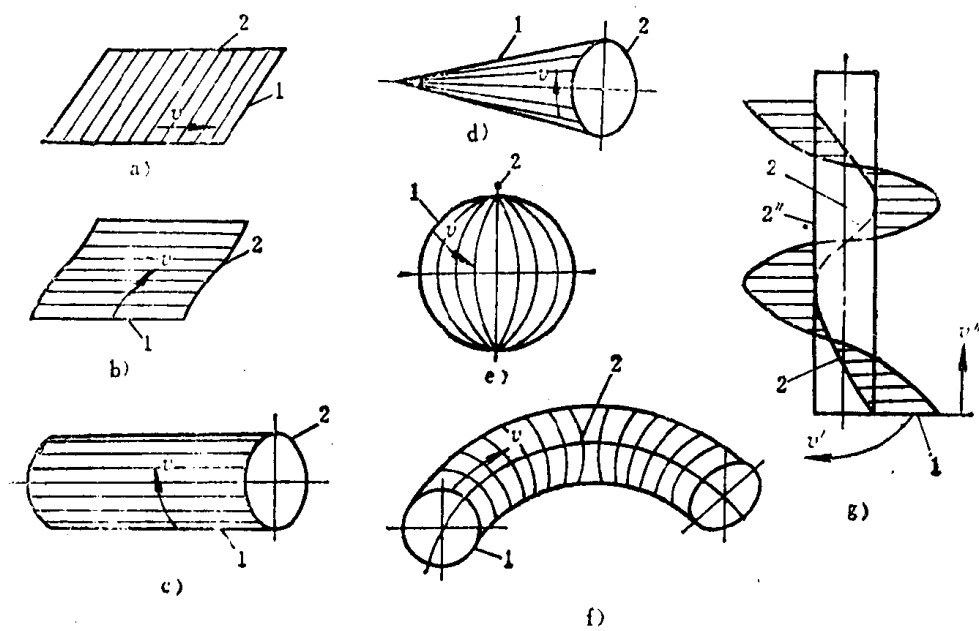


图1-2 组成工件轮廓的几种几何表面

a) 平面 b) 直线成型表面 c) 圆柱面 d) 圆锥面 e) 球面 f) 圆环面 g) 螺旋面

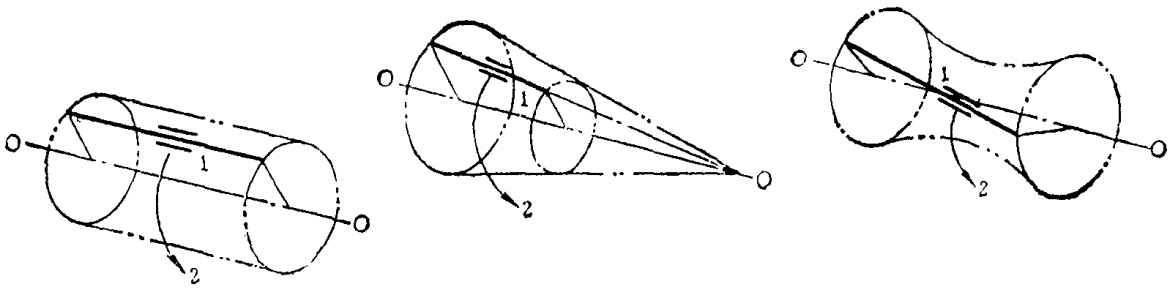


图1-3 母线原始位置变化时的形成表面

除了可逆表面以外，还有不可逆表面。形成不可逆表面的母线和导线是不可互换的。圆锥面、球面、圆环面和螺旋面等都属于不可逆表面。

三、发生线的形成方法

(一) 切削刃的形状与发生线的关系

由于发生线是由刀具的切削刃和工件的相对运动得到的，所以，工件表面成形与刀具切削刃的形状有着极其密切的关系。所谓切削刃的形状是指刀刃与工件成形表面相接触部分的形状。它和需要成形发生线的关系可划分为以下三种（图1-4）：

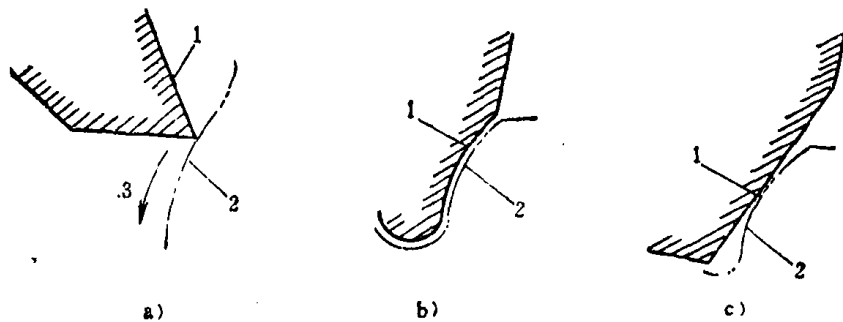


图1-4 切削刃形状与发生线的关系

1. 切削刃的形状为一切削点（图1-4a）在切削过程中，切削刃与被形成表面接触的长度实际上很小，可以看成为点接触。刀具1作轨迹运动得到发生线2。

2. 切削刃的形状是一条切削线1，它与要成形的发生线2的形状完全吻合（图1-4b）。因此，在切削加工时，切削刃与被成形的表面作线接触，刀具无须任何运动就可以得到所需的发生线形状，如成型车刀、盘形齿轮铣刀等。

3. 切削刃的形状仍然是一条切削线1，但它与需要成形的发生线2的形状不吻合（图1-4c）。切削加工时，刀具切削刃与被成形的表面相切，可看成为点接触，切削刃相对工件滚动（即展成运动），所需成形的发生线2是刀具切削线1的包络线（图1-5）。因此，刀具与工件间需要有共轭的展成运动，如齿条刀、插齿刀、滚刀等。

(二) 形成发生线的方法及所需运动

由于使用的刀具切削刃形状和采取的加工方法不同，形成发生线的方法可归纳为四种。以形成图1-6所示的发生线2（图中为一段圆弧）为例，说明如下。

1. 成形法（Forming method, 图1-6a）它是利用成形刀具对工件进行加工的方法。刀

刃为切削线 1，它的形状和长短与需要形成的发生线 2 完全重合。因此形成发生线 2 不需运动。

2. 展成法 (Generating method, 图1-6b) 它是利用工件和刀具作展成切削运动进行加工的方法。刀具切削刃为切削线 1，图示形状为圆，也可是直线 (如齿条刀) 或曲线 (如齿轮滚刀)，它与需要形成的发生线 2 的形状不吻合。切削线 1 与发生线 2 彼此作无滑动的纯滚动，发生线 2 就是切削线 1 在切削过程中连续位置的包络线。曲线 3 是切削刃上某点 A 的运动轨迹。在形成发生线 2 的过程中，或者仅由切削刃 1 沿着由它生成的发生线 2 滚动，或者切削刃 1 (刀具) 和发生线 2 (工件) 共同完成复合的纯滚动，这种运动称为展成运动。因此用展成法形成发生线需要一个成形运动 (展成运动)。

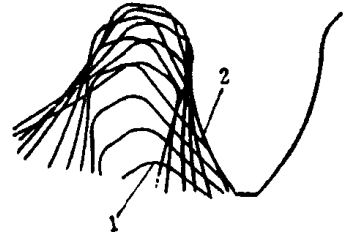


图1-5 由切削刃包络成形的渐开线齿形

3. 轨迹法 (Tracing method, 图1-6c) 它是利用刀具作一定规律的轨迹运动对工件进行加工的方法。刀刃为切削点 1，它按一定规律作直线或曲线 (图为圆弧) 运动，从而形成所需的发生线 2。因此采用轨迹法形成发生线需要一个成形运动。

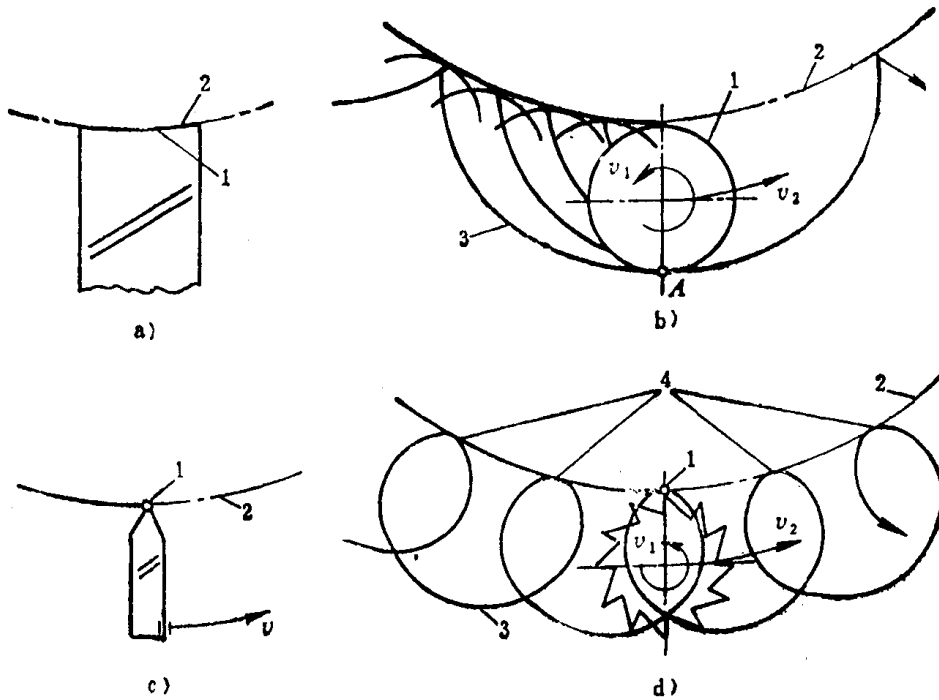


图1-6 形成发生线的方法

4. 相切法 (Tangent method, 图1-6d) 它是利用刀具边旋转边作轨迹运动对工件进行加工的方法。刀刃为旋转刀具 (铣刀或砂轮) 上的切削点 1，刀具作旋转运动，刀具中心按一定规律作直线或曲线 (图为圆弧) 运动，切削点 1 的运动轨迹如图中的曲线 3。切削点的运动轨迹与工件相切，形成了发生线 2。图中点 4 就是刀具上的切削点 1 的运动轨迹与工件的各个切点。由于刀具上有多个切削点，发生线 2 是刀具上所有的切削点在切削过程中共同形成的。为了用相切法得到发生线，需要二个成形运动，即刀具的旋转运动和刀具中心按一定规律运动。

第二节 机床的运动

在机床上，为了要获得所需的工件表面形状，必须使刀具和工件按上述四种方法之一完成一定的运动。这种运动称为表面成形运动。此外，还有多种辅助运动。

一、表面成形运动 (Surface formative motion)

表面成形运动 (简称成形运动) 是保证得到工件要求的表面形状的运动。例如，图1-7是用车刀车削外圆柱面，属于轨迹法。工件的旋转运动 B_1 ，产生母线 (圆)，刀具的纵向直线运动 A_2 产生导线 (直线)。运动 B_1 和 A_2 就是两个表面成形运动，角标号表示成形运动次序。又如刨削，滑枕带着刨刀 (牛头刨床和插床) 或工作台带着工件 (龙门刨床) 作往复直线运动，工作台带工件 (牛头刨床和插床) 或刀架带刀具 (龙门刨床) 作间歇的直线运动。这两个直线运动产生发生线 (皆直线)，因而都是成形运动。

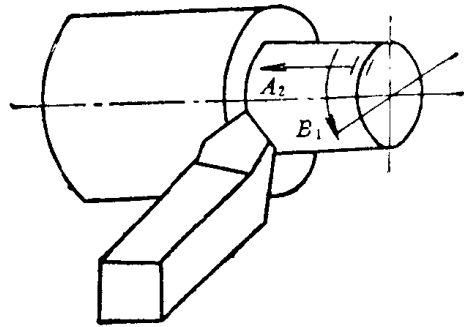


图1-7 车削外圆柱表面时的成形运动

(一) 成形运动的种类

以上所说的成形运动都是旋转运动或直线运动。这两种运动最简单，也最容易得到，因而称简单成形运动。在机床上，以主轴的旋转，刀架或工作台的直线运动的形式出现。通常用符号 A 表示直线运动，用符号 B 表示旋转运动。

但是成形运动也有不是简单运动的。图1-8a所示为用螺纹车刀切削螺纹，螺纹车刀是成形刀具，因此形成螺旋面只需一个运动：车刀在不动的工件上作空间螺旋运动。在机床上，最容易得到并最容易保证精度的是旋转运动 (如主轴的旋转) 和直线运动 (如刀架的移动)。因此，往往把这个螺旋运动分解成等速的旋转运动和等速的直线运动。图中以 B_{11} 和 A_{12} 代表。角标号的第一位数表示第一个运动 (也只有一个运动)，后一位数表示第一个运动中的第1、第2两部分。这样的运动称为复合的表面成形运动或简称复合成形运动。为了得到一定导程的螺旋线，运动的两个部分 B_{11} 和 A_{12} 必须严格保持相对运动关系，即工件每转一周刀具的移动量应为一个导程。图1-9为用齿条刀加工齿轮。产生渐开线靠展成法，需要一个复合的展成运动。如上所述，这个复合运动也可分解为工件的旋转 B_{11} 和刀具的直线运动 A_{12} (图1-9)。 B_{11} 和 A_{12} 是一个运动 (展成运动3) 的两个部分，必须保持严格的运动关系，即工件每转过一个齿 (B_{11}) 齿条刀应移动一个周节 πm (m 为模数)。

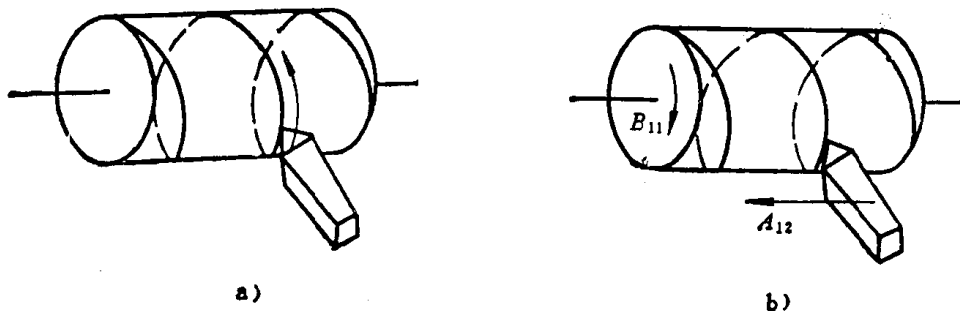


图1-8 加工螺纹时的运动