

GZ

普通高等专科学校教育机电类规划教材

金属切削机床

上册

扬州大学工学院 黄鹤汀 主编
南京机械高等专科学校 王芙蓉 副主编
长春大学 赵春久

502
3K

机械工业出版社

普通高等专科学校教育机电类规划教材

金属切削机床

上 册

主 编 黄鹤汀

副主编 王芙蓉

赵春久

参 编 范小波

张学伟

徐 沪

主 审 郑 岳

机 械 工 业 出 版 社

《金属切削机床》是普通高等专科学校教育机电类规划教材。全书分为上下两册。上册系统地介绍机床的工作原理、技术性能、传动、构造及调整、使用方法。共包括绪论、机床运动分析、车床、磨床、齿轮加工机床、其它类型机床、数控机床等六章。下册系统介绍金属切削机床设计的一般理论知识和方法,共包括机床总体设计、主传动系统设计、进给传动系统设计、主轴组件、支承件及导轨、机床的自动换刀装置、操纵机构等六章。本教材注意加强针对性和实用性,并适当反映机床工业的新技术、新方法,增编数控机床有关章节,着重介绍现代计算机数控(CNC)机床的主要内容,力求适应机械制造专业的教学需要。

本书为普通高等专科学校机械制造专业教材,亦可用作职业大学、广播电视大学、职工大学机械制造专业教材和自学考试教材。

金属切削机床

上册

扬州大学工学院 黄鹤汀 等 主编

*

责任编辑:孙祥根 版式设计:王颖

封面设计:赵京京 责任校对:肖新民

责任印制:路琳

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 9.75·字数 232 千字

1998年5月第1版第1次印刷

印数 0 001—5 000 定价:13.00 元

*

ISBN 7-111-05847-X

ISBN 7-111-05847-X/TH·801(课)



9 787111 058472 >

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换。

前 言

本书是根据全国高等工程专科机械工程专业教学指导委员会制定的《金属切削机床》课程教学大纲编写的机电类规划教材。全书分上下两册，内容相互衔接、配套，可以分册单独使用。

上册内容为金属切削机床概论，共包括绪论、机床运动分析、车床、磨床、齿轮加工机床、其它机床和数控机床等六章，通过对典型机床的运动分析和结构分析，介绍机床的基本知识和分析方法，以培养学生认识和分析机床的能力，为合理选择、正确使用和设计机床打下基础。同时还增编数控机床一章，介绍现代数控机床的主要内容。

下册内容为金属切削机床设计，共包括机床总体设计、主传动系统设计、进给传动系统设计、主轴组件、支承件和导轨、机床的自动换刀装置、操纵机构等六章，系统地介绍金属切削机床设计的一般理论知识和方法。

本书上册由扬州大学工学院黄鹤汀主编，南京机械高等专科学校王芙蓉、长春大学赵春久任副主编。绪论由扬州大学工学院黄鹤汀、范小波编写；第一章机床的运动分析由范小波编写；第二章车床由赵春久编写；第三章磨床、第五章其它类型机床由哈尔滨理工大学工业技术学院张学伟编写；第四章齿轮加工机床由上海纺织高等专科学校徐沪编写；第六章数控机床由王芙蓉编写。

本书下册由扬州大学工学院黄鹤汀主编，扬州大学工学院谢家瀛、上海理工大学工程技术学院陶本扬任副主编。第一章机床总体设计由黄鹤汀编写；第二章主传动系统设计由黄鹤汀、湘潭机电高等专科学校胡竞湘编写；第三章进给传动系统设计、第六章机床的自动换刀装置操纵机构由陶本扬编写；第四章主轴组件由谢家瀛编写；第五章支承件和导轨由胡竞湘编写。

全书由江苏理工大学郑岳主审。

在编写过程中，王芙蓉、谢家瀛为书稿的统稿做了许多工作。同时得到有关兄弟院校、研究所和工厂的热情支持与帮助，在此谨致以谢意。

编 者

1997年4月

目 录

前言		
绪论	1	
习题与思考题	7	
第一章 机床的运动分析	8	
第一节 工件的表面形状及其形成方法	8	
第二节 机床的运动	11	
第三节 机床的传动联系和传动原理图	13	
第四节 机床的传动系统与运动的调整 和计算	15	
习题与思考题	17	
第二章 车床	19	
第一节 卧式车床的工艺范围及其组成	19	
第二节 卧式车床的传动系统	22	
第三节 卧式车床的结构	29	
第四节 CM1107 型单轴纵切自动车床 简介	37	
第五节 其它类型车床	41	
习题与思考题	44	
第三章 磨床	45	
第一节 M1432B 型万能外圆磨床	45	
第二节 其它类型磨床	50	
习题与思考题	55	
第四章 齿轮加工机床	56	
第一节 概述	56	
第二节 滚齿机	57	
第三节 其它类型齿轮加工机床	72	
习题与思考题	83	
第五章 其它类型机床	86	
第一节 钻床	86	
第二节 镗床	87	
第三节 铣床	93	
第四节 刨床和拉床	95	
第五节 组合机床	98	
习题与思考题	108	
第六章 数控机床	109	
第一节 概述	109	
第二节 数控机床的分类	118	
第三节 数控车床和车削中心	121	
第四节 加工中心	126	
第五节 数控机床的发展	135	
习题与思考题	139	
附录	140	
一、常用机床组、系代号及主参数	140	
二、机构运动简图符号 (摘自 GB4460—84)	143	
参考文献	149	

绪 论

一、金属切削机床概述

金属切削机床是用切削、特种加工等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，故又称为“工作母机”或者“工具机”，在我国简称为“机床”。

当前生产技术的重点仍然是无屑和切削加工。制造机器零件可以有多种方法，如铸造、锻造、焊接、冲压、挤压、切削加工等等，其中切削加工是将金属毛坯加工成具有一定尺寸、形状、精度和表面质量的机器零件的主要加工方法，尤其是在加工精密零件时，目前主要还是依靠切削加工来达到所需的加工精度和表面粗糙度。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，所担负的工作量占机械制造总工作量的 40%~60%。由此可见，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竞争的重要支柱之一，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重要的载体，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，以 1994 年为例，全世界机床的消费额达 261.7 亿美元。其中，美国的消费额 56 亿美元、中国 33.6 亿美元。所以，在我国国民经济建设中，机床工业起着重要的作用。

60 年代以后，电子技术、信息技术、计算机技术高速发展，并在机床工业中得到广泛的应用。同时，金属零件的无屑和切削加工，由于利用材料技术（特别是硬质材料）和过程控制技术的最新成就，使得加工方法实现进一步的合理化，这就推动了金属切削机床加工的生产模式的转变，开始进入了一个新的阶段。

工业生产中，保持总产量不变的同时，提高产品的花色品种，可以增加竞争力，这种趋势将继续影响今后的生产和加工方式，这就要求机床不但必须面向多品种、中小批量生产，而且还要求机床具有高的效率和自动化程度，以及有一定的灵活适应性，即柔性制造的概念。为了适应高新技术产品生产的需要，对机床的精密化也提出新的要求，超精密加工已进入纳米 ($0.001\mu\text{m}$) 时代。所以，高效、柔性生产自动化、精密化、产品多样化已成为机床发展的趋势。

当前数控机床由于具有一系列优点，已在机床工业中受到人们的重视。80 年代以来数控系统和数控机床得到充分的发展。以日本为例，从 1981 年~1994 年的 14 年间，金属切削机床的总量变化不大，但内部构成有很大的改善，数控金属切削机床拥有量猛增，其拥有量达 15 万台，机床的数控化率为 20.8%，比 1981 年增长 4.84 倍。在传统的以刚性自动化为特色的专用机床上，也加速柔性化程度，1994 年其拥有量的数控化率增至 11.4%。

数控技术的发展和运用使机床的结构发生一系列变化，机械结构部件在机床中的比重下降，而电子技术硬、软件的比重上升，如主传动系统采用无级调速电动机，提高了主传动系统的性能；机床进给系统采用直流或交流伺服电动机，简化了传动链和传动机构。数控技术的应用，同时也提高了机床的加工精度和自动化程度，在改变加工零件时，数控机床的数字

控制只需更换零件的加工程序就能完成，因而显示了较大的灵活性。

70 年代末以来，柔性制造系统 (FMS) 和计算机集成制造系统 (CIMS) 得到开发和应用。通过计算机集成制造系统，把一个企业的所有有关加工制造的生产部门都互相联系在一起，制造过程可以从全局考虑进行优化，从而可降低成本和缩短加工周期，同时还可提高产品的质量和柔性，并且也提高生产率。

我国在建国后 40 多年来，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。1994 年世界机床产销量，按估计值的排名顺序是美国、中国、日本、德国。我国在机床的品种、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。但是我国的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、数量和技术水平方面都比较落后。1990 年我国数控机床的拥有量还不到 1 万台，而日本 1987 年就拥有 7 万台，1994 年则上升至 15 万台。

当前，我国机床工业面临量大面广的普通机床产品的更新换代，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。

二、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、使用和管理，须对机床加以分类和编制型号。

机床主要是按其加工性质和所用的刀具进行分类。根据国家制定的机床型号编制方法，(GB/T15375—94)，目前将机床分为 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。

在每一类机床中，又按工艺特点、布局型式和结构特性等不同，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。

按照工艺范围（通用性程度），机床可分为通用机床、专门化机床和专用机床。通用机床可用于加工多种零件的不同工序，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。

按照加工精度的不同，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。

按照自动化程度不同，机床可分为手动、机动、半自动和自动机床。

按照质量和尺寸不同，机床可分为仪表机床、中型机床、大型机床（质量达到 10t）、重型机床（质量在 30t 以上）和超重型机床（质量在 100t 以上）。

此外，机床还可以按照其主要工作部件的多少，分为单轴、多轴或单刀、多刀机床等。

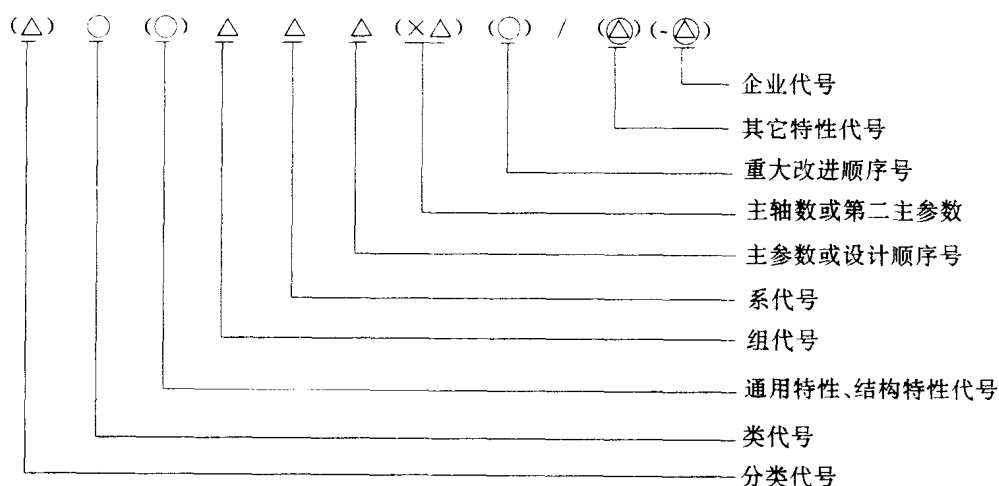
通常，机床根据加工性质进行分类，再根据其某些特点进一步描述，如多刀半自动车床、多轴自动车床等。

(二) 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、通用和结构特性、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/T15375—94 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，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，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。

4. 有“△”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。分类代号在类代号之前，作为型号的首位，并用阿拉伯数字表示。第一分类代号前的“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 0-1。

表 0-1 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

机床按其工作原理划分为 11 类。每类机床划分为 10 个组，每个组又划分为 10 个系（系列）。在同一类机床中，主要布局或使用范围基本相同的机床，即为同一组。在同一组机床中，其主参数相同、主要结构及布局型式相同的机床，即为同一系。机床的组，用一位阿拉伯数字表示，位于类代号或通用特性代号、结构特性代号之后。机床的系，用一位阿拉伯数字表示，位于组代号之后。机床类、组划分及其代号见表 0-2。

表 0-2 金属切削机床类、组划分表

组别 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	其它车 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	其它钻床
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	其它镗 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 轴、 凸 轮 轴、 花键轴及 轧辊磨床	工具磨 床
	2M		超精机	内圆珩 磨机	外圆及 其它珩磨 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	其它磨床
	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		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	滚齿及 铣齿机	剃齿及 珩齿机	插齿机	花键轴 铣床	齿轮磨 齿机	其它齿 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	床身铣 床	工具铣 床	其它铣 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	其它刨 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	其它拉 床
锯床 G				砂轮机 锯床		卧式带 锯床	立式带 锯床	圆锯床	弓锯床	铰锯床	
其他机床 Q		其它仪 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			

(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，既有普通型又有下列某种通用特性时，则在类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两至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 0-3。

表 0-3 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	简式或 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	简	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、性能不同的作用。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本书附录。

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，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，可用以反映自动交换主轴箱；对于一机多能机床，可用以补充表示某些功能；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“—”。

根据上述通用机床型号的编制方法,举例如下:

例 1 北京机床研究所生产的精密卧式加工中心,其型号为:THM6350/JCS。

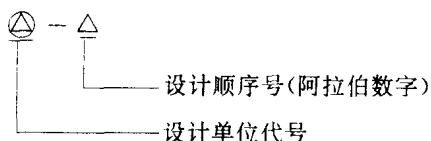
例 2 大河机床厂生产的经过第一次重大改进,其最大钻孔直径为 25mm 的四轴立式排钻床,其型号为:Z5625×4A/DH。

例 3 最大回转直径为 400mm 的半自动曲轴磨床,其型号为:MB8240。根据加工的需要,在此型号机床的基础上变换的第一种型式的半自动曲轴磨床,其型号为:MB8240/1,变换的第二种型式的型号则为:MB8240/2,依次类推。

例 4 某机床厂设计试制的第五种仪表磨床为立式双轮轴颈抛光机,这种磨床无法用一个主参数表示,故其型号为 M0405。后来,又设计了第六种轴颈抛光机,其型号为 M0406。

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”。

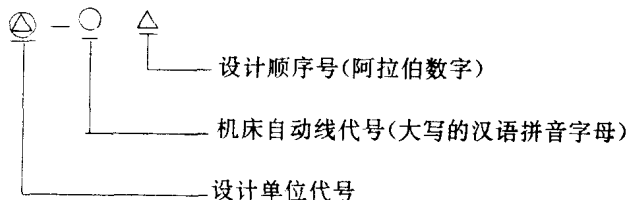
例如,上海机床厂设计制造的第 15 种专用机床为专用磨床,其型号为:H—015。

3. 机床自动线的型号

(1) 机床自动线代号 由通用机床或专用机床组成的机床自动线,其代号为:“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

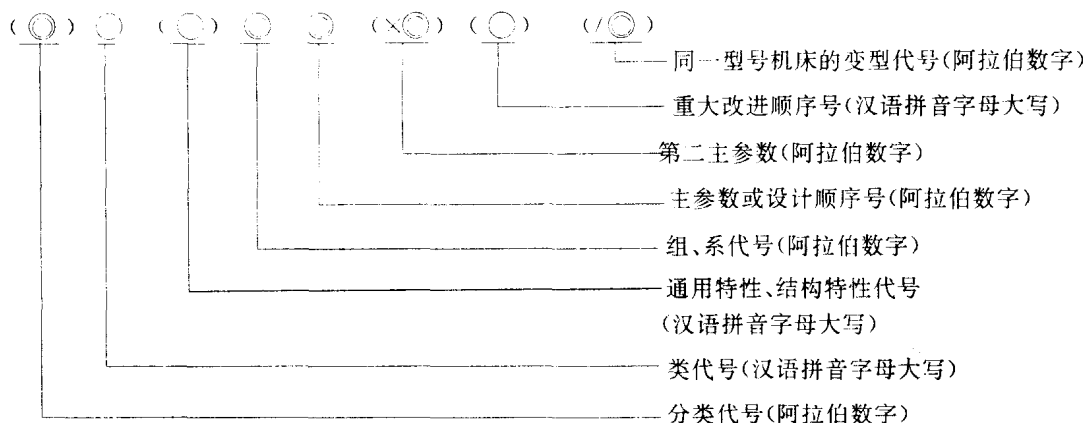


例如,北京机床研究所通用机床或专用机床为某厂设计的第一条机床自动线,其型号

为: JCS—ZX001。

(三) 新标准 GB/T15375—94 与 JB1838—85 比较

JB1838—85 中机床型号的表示方法如下:



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“(X)”符号者, 为阿拉伯数字。

从型号的构成比较, GB/T15375—94 与 JB1838—85 的整个标准基本相同, 但也存在如下几个小的差异。

- 1) JB1838—85 中组和系合为一项, 新标准则是分开的。
- 2) JB1838—85 将主轴数归属第二主参数, 新标准则将其分解成主轴数和第二主参数; 主轴数是必须表示的, 第二主参数则一般不予表示。
- 3) 新标准在通用特性代号中增加了“R”、“S”和“X”。
- 4) 同一型号机床的变型代号, 在 JB1838—85 中, 位于整个型号的末尾, 与型号其它的要素并重; 在新标准中归属辅助部分的内容, 使用上比较灵活。

此外, 新标准对组和系作了补充, 使其较 JB1838—85 更充实、完整; 新标准对第二主参数的使用规定得更为具体、明确和合理; 新标准中不包括特种加工机床的型号编制方法。我国的机床型号编制方法, 自 1957 年第一次颁布以来, 随着机床工业的发展, 曾作过多次修订和补充。目前工厂中使用和生产的机床, 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方法编制的, 其涵义可查阅 1957 年、1959 年、1963 年、1971 年、1976 年和 1985 年历次颁布的机床型号编制方法。

习题与思考题

- 0-1 举例说明通用(万能)机床、专门化机床和专用机床的主要区别是什么? 它们的适用范围怎样?
- 0-2 说出下列机床的名称和主参数, 并说明它们各具有何种通用或结构特性:
CM6132、CG1107、C1336、XK5040、T6112、B2021A、MGB1432、Z3040、X62W。

第一章 机床的运动分析

机床的运动分析是研究机床所应具有的各种运动及其相互关系。其目的在于：能用科学、简便的方法，根据机床的运动规律来分析、比较各类机床的传动系统，从而为合理地使用机床和正确地设计机床的传动系统打下基础。

第一节 工件的表面形状及其形成方法

一、工件表面形状

机床在切削加工过程中，使刀具和工件按一定的规律作相对运动，通过刀具的切削刃切除毛坯上多余的金属，从而得到具有一定几何形状、尺寸精度和表面质量的工件。

图 1-1 所示即为机械零件上常用的各种表面。可以看出，尽管机械零件的形状多种多样，但构成其内、外形轮廓的，却不外乎是几个基本的表面元素。这些表面元素是：圆柱面、平面、圆锥面、螺旋面及成形表面等，它们都属于“线性表面”。

二、工件表面的形成方法

所谓“线性表面”是指该表面是由一条线（称为母线）沿着另一条线（称为导线）运动而形成的轨迹。母线和导线统称为发生线。如图 1-2a 所示：平面是由直线 1（母线）沿着直线 2（导线）运动而形成的；图 1-2b、c 为圆柱面和圆锥面，是由直线 1（母线）沿着圆 2（导线）运动而形成的；图 1-2d 为圆柱螺纹的螺旋面，是由“Λ”形线 1（母线）沿着螺旋线 2（导线）运动而形成的；图 1-2e 为直齿圆柱齿轮的渐开线齿廓表面，是由渐开线 1（母线）沿着直线 2（导线）运动而形成的。

但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，母线均为直线 1，导线均为圆 2，轴线均为 $O-O$ ，所需的运动也相同。但由于母线 1 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。

由图 1-2 可以看出，有些表面的母线和导线可以互换。如平面、圆柱面和直齿圆柱齿轮的渐开线齿廓表面等，这些表面称为可逆表面；而另一些表面，其母线和导线不可互换，如圆

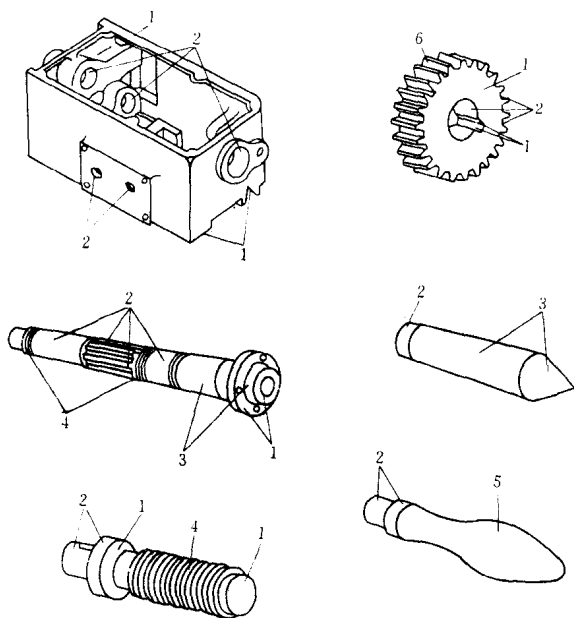


图 1-1 构成机械零件外形轮廓的常用表面

1—平面 2—圆柱面 3—圆锥面 4—螺旋面
(成形面) 5—回转体成形面 6—渐开线表面
(直线成形面)

锥面、螺旋面等，称为不可逆表面。

三、发生线的形成方法

(一) 切削刃的形状与发生线的关系

发生线是由刀具的切削刃与工件间的相对运动得到的，所以工件表面的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，是指切削刃与工件成形表面相接触部分的形状。它和需要成形的发生线的关系可划分为以下三种，如图 1-4 所示。

(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短，可以看作点接触。刀具 1 作轨迹运动得到发生线 2。如外圆车刀等。

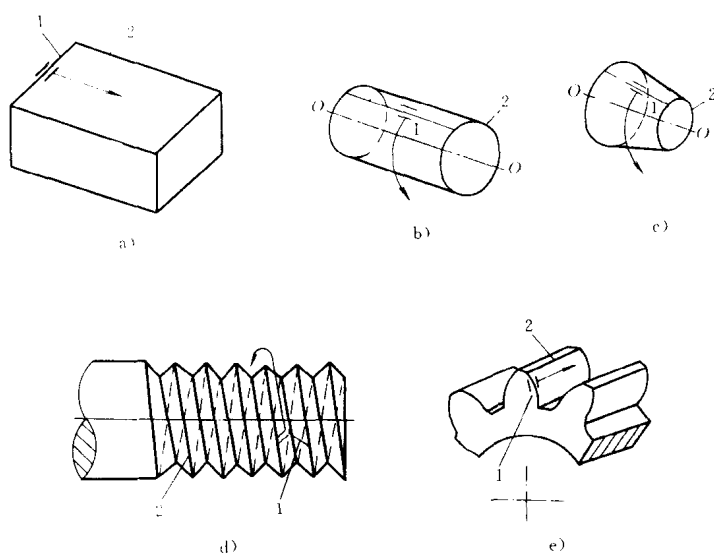


图 1-2 零件表面的成形

1—母线 2—导线

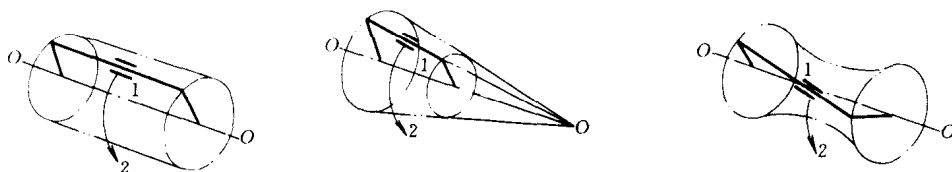


图 1-3 母线原始位置变化时形成的表面

(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生成线形状，如成型车刀、盘形齿轮铣刀等。

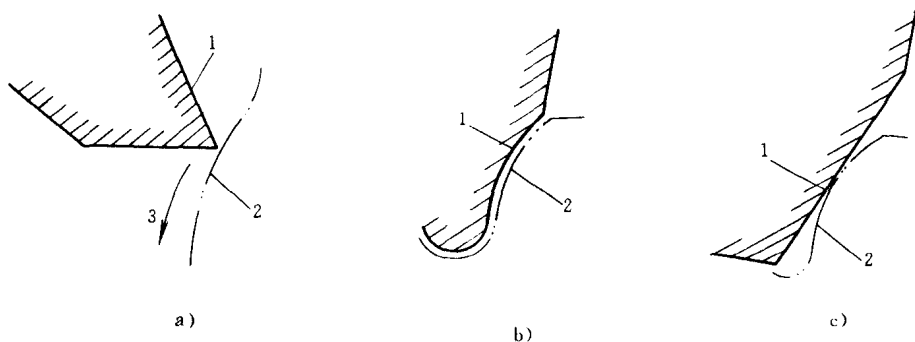


图 1-4 切削刃形状与发生线的关系

(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, 这类刀具有齿条刀、插齿刀和滚刀等。

(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, 形成发生线的方法归纳起来有以下四种。

(1) 轨迹法 如图 1-6a 所示, 切削刃为切削点 1, 它按一定的规律作轨迹运动 3, 而形成所需要的发生线 2。所以采用轨迹法来形成发生线需要一个独立的成形运动。

(2) 成形法 如图 1-6b 所示, 切削刃为一条切削线 1, 它的形状和长短与需要形成的发生线 2 完全一致。因此, 用成形法来形成发生线不需要专门的成形运动。

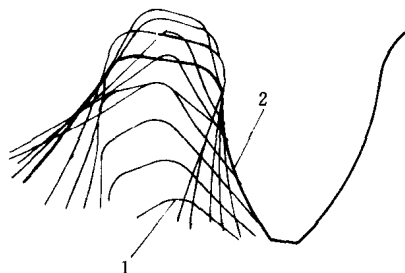


图 1-5 由刀刃包络成形的渐开线齿形

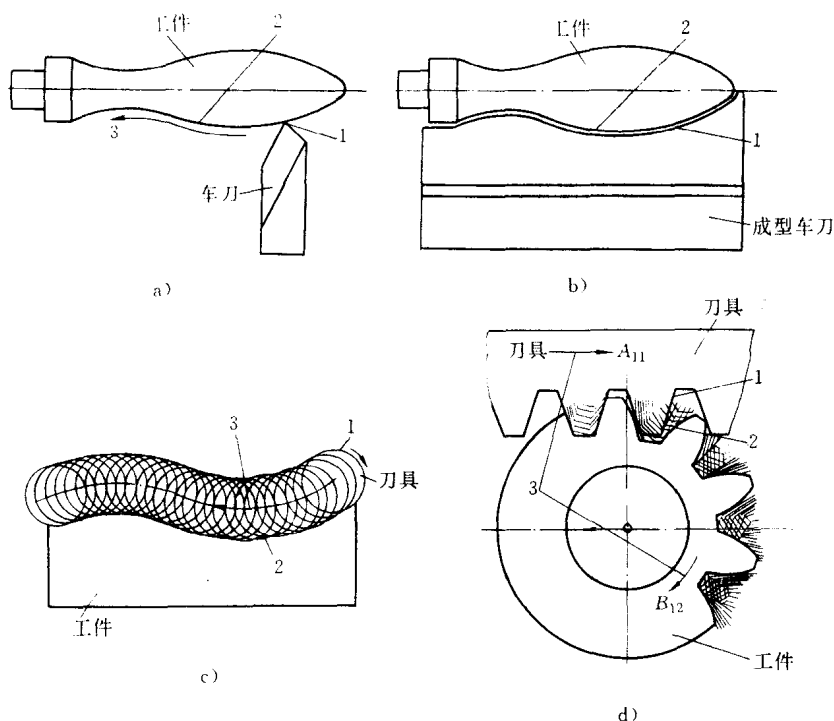


图 1-6 形成发生线的四种方法

1—切削线 2—发生线 3—展成线

(3) 相切法 如图 1-6c 所示, 切削刃为切削点, 由于所采用加工方法的需要, 该点是旋转刀具切削刃上的点 1, 切削时刀具的旋转中心按一定规律作轨迹运动 3, 它的切削点运动轨迹的包络线 (相切线) 就形成了发生线 2。所以, 用相切法形成发生线需要两个独立的成形运动 (其中一个为刀具的旋转运动)。

(4) 展成法 如图 1-6d 所示, 刀具切削刃的形状为一条切削线 1, 但它与需要形成的发生线 2 不相吻合。发生线 2 是切削线 1 的包络线。因此, 要得到发生线 2 (图为渐开线) 就需要使刀具移动 A_{11} 和使工件作旋转运动 B_{12} 。 A_{11} 和 B_{12} 可看成是齿轮毛坯在齿条刀具上滚动分

解得到的。因此，用展成法形成发生线时需要一个复合的成形运动，这个运动称为展成运动（即由图中 $A_{11} + B_{12}$ 组成的展成线）。

第二节 机床的运动

在金属切削机床上切削工件时，工件与刀具间的相对运动，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。但就机床上运动的功用来看，则可区分为表面成形运动、切入运动、分度运动、辅助运动、操纵及控制运动和校正运动等。

一、表面成形运动

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。表面成形运动是机床最基本的运动，是机床上的刀具和工件为了形成表面发生线而作的相对运动。例如，图 1-7a 是用尖头车刀车削外圆柱面时，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）。形成母线和导线的方法，都属于轨迹法。 B_1 和 A_2 就是两个表面成形运动。成形运动按其组成情况不同，可能是简单运动、复合运动或两者的组合。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的成形运动。如图 1-7a 所示，用尖头车刀车削外圆柱面时，工件的旋转运动 B_1 和刀具的直线移动 A_2 就是两个简单的成形运动。如图 1-7b 所示，用砂轮磨削外圆柱面时，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 ，也都是简单的成形运动。如果一个独立的成形运动，是由两个或两个以上的单元运动（旋转或直线），按照某种确定的运动关系组合而成，它们是互相依存的，这种成形运动称为复合的成形运动。如图 1-7c 所示，车削螺纹时，形成螺旋形发生线所需的工件与刀具之间的相对螺旋轨迹运动，为简化机床结构和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 $1r$ 时，刀具直线移动的距离应等于工件螺纹的导程，从而 B_{11} 和 A_{12} 这两个单元运动组成一个复合的成形运动。如图 1-7d 所示，用尖头车刀车削回转体成形面时，车刀的曲线轨迹运动，通常是由相互垂直方向上的、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} 也组成一个复合的成形运动。

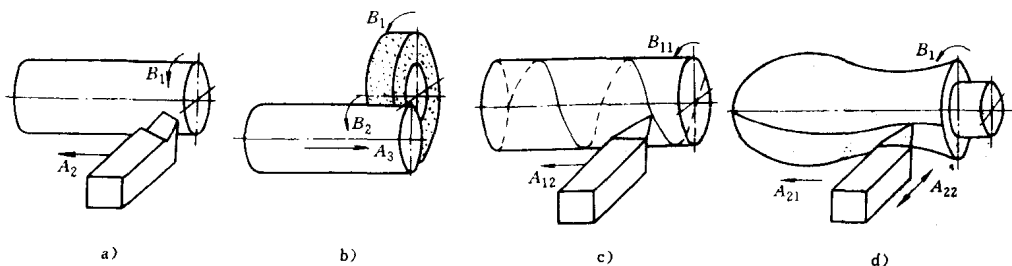


图 1-7 成形运动的组成

成形运动按其在切削加工中所起的作用，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；进给运动是依次或连续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(例如拉床)。它们可能是简单的成形运动,也可能是复合的成形运动。

表面成形运动是机床上最基本的运动,其轨迹、数目、行程和方向等,在很大程度上决定着机床的传动和结构型式。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,车削外圆柱面,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,如图 1-8 所示。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。

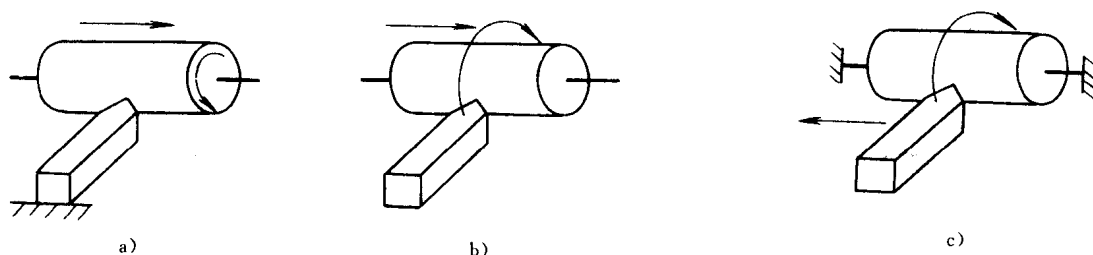


图 1-8 圆柱面的车削加工方式

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

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运动称为分度运动。

分度运动可以是回转的分度,例如车多头螺纹,车完一个螺纹表面后,工件相对刀具要回转 $(1/k)r$ (k ——螺纹头数)才能车削另一条螺纹表面,这个工件相对刀具的旋转运动就是分度运动。分度运动也可以是直线移动,例如车多头螺纹时,在车完一条螺纹后,刀架移动一个螺距进行分度。

分度运动可以是间歇分度,如自动车床的回转刀架的转位;也可以是连续的,如插齿机、滚齿机的工件分度等,此时分度运动包含在表面成形运动之中。

分度运动可以是手动、机动和自动的。

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