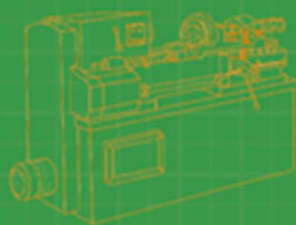


金属切削机床概论



主 编 ○ 何 萍

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

金属切削机床概论

主 编 何 萍
副主编 谢星葵 占丽娜 何 宇
主 审 肖文福

内 容 简 介

本书从应用型本科教学的实际出发,以典型金属切削机床为主线,采用项目教学加任务驱动的形式,较为全面地介绍了各种机床的工作原理、传动系统和典型机械结构,内容新颖丰富、图文并茂、机床结构分析典型全面,便于读者理解和掌握,突出应用型人才培养要求。全书共分6个项目10个任务,内容包括机床传动基础知识、卧式车床、普通磨床、齿轮加工机床、其他类型机床、数控机床。

本书为应用型本科院校机械类金属切削机床课程的教材,也可供高职教育相关专业教学使用,还可供从事金属切削机床设计与研究工作的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

金属切削机床概论 / 何萍主编. —北京:北京理工大学出版社, 2019. 10

ISBN 978 - 7 - 5682 - 7874 - 4

I. ①金… II. ①何… III. ①金属切削 - 机床 - 高等学校 - 教材 IV. ①TG502

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第240952号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 13

字 数 / 310千字

版 次 / 2019年10月第1版 2019年10月第1次印刷

定 价 / 54.00元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

金属切削机床是机械制造技术的重要载体，代表了一个国家的技术水平和生产能力，担负着为国民经济各部门提供先进技术装备的任务，在生产中占有极其重要的位置。

本书根据“全国机械类专业应用型本科人才培养目标及基本规格”的要求，在总结作者多年“金属切削机床”课程教学经验的基础上，结合教学改革“教、学、做一体化教学”和“任务驱动”的特点编写而成。采用项目教学加典型案例的形式，打破了以知识传授为主要特征的传统课程教学模式。对每个任务都编排了学习目标、任务描述、相关知识、思考与练习等内容。

本书共分6个项目10个任务。绪论讲述机床的发展概述、分类及型号编制。项目一介绍机床的运动和传动原理。项目二介绍卧式车床的传动系统和机械传动机构。项目三介绍普通磨床的传动和工作方法。项目四讲解齿轮加工机床的传动系统和工作原理。项目五介绍钻床、镗床、铣床、刨床、插床和拉床的基本知识。项目六介绍数控机床，包括数控基本知识、数控系统、伺服系统和典型机械结构。

本书为应用型本科学校机械设计制造及其自动化专业和其他机械工程类专业的“金属切削机床”或“机械制造装备”课程的教材，也可供高职高专学校、成人高校相关专业教学使用，也可供有关工程技术人员参考。

本书由何萍任主编并负责统稿，谢星葵、占丽娜、何宇任副主编，肖文福教授主审。

本书编写过程中，作者参阅和引用了有关院校、工厂、科研院所的一些资料和文献，得到了许多同行专家、教授、工程技术人员的支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，书中如有不足之处，敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便进一步改进。若读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，请向编者（px.heping@163.com）提出。

编 者



普通高校
应用型本科教材
GENERAL UNIVERSITY
APPLIED UNDERGRADUATE TEXTBOOKS

普通高校应用型本科教材

金属切削机床概论

主 编 何 萍

副主编 谢星葵 占丽娜 何 宇

主 审 肖文福



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书从应用型本科教学的实际出发,以典型金属切削机床为主线,采用项目教学加任务驱动的形式,较为全面地介绍了各种机床的工作原理、传动系统和典型机械结构,内容新颖丰富、图文并茂、机床结构分析典型全面,便于读者理解和掌握,突出应用型人才培养要求。全书共分6个项目10个任务,内容包括机床传动基础知识、卧式车床、普通磨床、齿轮加工机床、其他类型机床、数控机床。

本书为应用型本科院校机械类金属切削机床课程的教材,也可供高职教育相关专业教学使用,还可供从事金属切削机床设计与研究工作的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

金属切削机床概论 / 何萍主编. —北京:北京理工大学出版社,2019.10(2019.11重印)

ISBN 978-7-5682-7874-4

I. ①金… II. ①何… III. ①金属切削-机床-高等学校-教材 IV. ①TG502

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第240952号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 13

字 数 / 310千字

版 次 / 2019年10月第1版 2019年11月第2次印刷

定 价 / 36.00元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

萍乡学院应用型本科教材编委会

主任：史焕平

副主任：郭 伟

委员(按姓氏笔画排序):

文正再 史小力 朱红英 苏 啸 李良松 肖文福

邱仁根 何 萍 何根基 陈 林 陈 锋 易志文

易淑梅 周锦春 贺晓梅 欧阳咏梅

前 言

金属切削机床是机械制造技术的重要载体，代表了一个国家的技术水平和生产能力，担负着为国民经济各部门提供先进技术装备的任务，在生产中占有极其重要的位置。

本书根据“全国机械类专业应用型本科人才培养目标及基本规格”的要求，在总结作者多年“金属切削机床”课程教学经验的基础上，结合教学改革“教、学、做一体化教学”和“任务驱动”的特点编写而成。采用项目教学加典型案例的形式，打破了以知识传授为主要特征的传统课程教学模式。对每个任务都编排了学习目标、任务描述、相关知识、思考与练习等内容。

本书共分6个项目10个任务。绪论讲述机床的发展概述、分类及型号编制。项目一介绍机床的运动和传动原理。项目二介绍卧式车床的传动系统和机械传动机构。项目三介绍普通磨床的传动和工作方法。项目四讲解齿轮加工机床的传动系统和工作原理。项目五介绍钻床、镗床、铣床、刨床、插床和拉床的基本知识。项目六介绍数控机床，包括数控基本知识、数控系统、伺服系统和典型机械结构。

本书为应用型本科学校机械设计制造及其自动化专业和其他机械工程类专业的“金属切削机床”或“机械制造装备”课程的教材，也可供高职高专学校、成人高校相关专业教学使用，也可供有关工程技术人员参考。

本书由萍乡学院何萍任主编并负责统稿，萍乡学院谢星葵、占丽娜、何宇任副主编，萍乡学院肖文福教授主审。

本书编写过程中，作者参阅和引用了有关院校、工厂、科研院所的一些资料和文献，得到了许多同行专家、教授、工程技术人员的支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，书中如有不足之处，敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便进一步改进。若读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，请向编者（px.heping@163.com）提出。

编 者

目 录

绪论	1
学习目标	1
任务描述	1
相关知识	1
一、金属切削机床在国民经济中的地位	2
二、机床的发展概况和我国机床工业的水平	2
三、机床的分类	4
四、机床的技术参数与尺寸系列	5
五、机床型号的编制方法	5
六、机床的一般要求	9
思考与练习	10
项目一 机床传动的基础知识	13
学习目标	13
任务描述	13
相关知识	13
一、工件的表面形状及其形成方法	14
二、机床的运动	16
三、机床的传动联系和传动原理图	18
四、机床传动系统与运动的调整和计算	21
思考与练习	25
项目二 卧式车床	31
学习目标	31
任务描述	31
相关知识	31
一、CA6140 型卧式车床的组成	31
二、CA6140 型卧式车床的传动系统	37
三、CA6140 型卧式车床的主要结构	47
思考与练习	61
项目三 普通磨床	66
学习目标	66

任务描述	66
相关知识	66
一、磨床的功用和类型	66
二、外圆磨床	68
三、M1432A 型万能外圆磨床	68
四、其他类型磨床	81
思考与练习	88
项目四 齿轮加工机床	91
学习目标	91
任务描述	91
相关知识	91
一、齿轮加工机床的工作原理	92
二、滚齿机	95
三、其他类型齿轮加工机床	113
思考与练习	122
项目五 其他类型机床	126
学习目标	126
任务一 钻床	126
任务描述	126
相关知识	126
任务二 镗床	131
任务描述	131
相关知识	132
任务三 铣床	138
任务描述	138
相关知识	138
任务四 刨床、插床和拉床	142
任务描述	142
相关知识	142
思考与练习	146
项目六 数控机床	150
学习目标	150
任务描述	150
相关知识	150
一、数控机床的基本组成及其加工原理	150

二、机床中有关数控的基本概念·····	154
三、数控机床的特点与分类·····	156
四、数控机床的规格与性能指标·····	162
五、数控机床的典型机械结构·····	164
六、数控技术的应用与发展·····	180
思考与练习·····	188
附录 常用机床组、系代号及主参数·····	192
参考文献·····	197

绪 论

学习目标

- (1) 了解金属切削机床在国民经济中的地位和发展趋势。
- (2) 熟悉机床的不同分类方法，重点让学生掌握机床型号的编制方法，使学生能够根据每种机床的型号真实地反映出机床的类别、主要参数、使用与结构特性等。

任务描述

图 0-1 所示的机床是何种机床？这种机床能加工何种零件？机床上的参数、铭牌是什么意思？机床怎样实现零件的切削加工……



图 0-1 金属切削机床示例

相关知识

金属切削机床是用切削的方法将金属（也可以加工非金属，比如工程塑料、夹布胶木）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。

加工金属零件的设备有：铸造、锻造、焊接、冲压、切削加工设备等。

在机械制造工业中，切削加工是将金属毛坯加工成具有一定尺寸、形状和位置精度零件的主要加工方法，尤其是在加工精密零件，目前主要是依靠切削加工来达到所需的精度要求。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，必须对机床加以分类，并给每台机床编制一个特定的名称代号。

一、金属切削机床在国民经济中的地位

在现代机械制造业中，对于有一定形状、尺寸和表面质量要求的金属工件，特别是精密工件的加工，主要还是在金属切削机床上完成的，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拥有的技术装备中，金属切削机床占有相当大的比重（50% ~ 70%），所担负的工作量约占机械加工总量的40% ~ 60%。

机械工业担负着为国民经济各部门提供先进技术装备的任务，金属切削机床工业（机床工业）是机械工业的重要组成部分，是为机械工业提供先进加工装备和加工技术的“工作母机”工业。一个国家金属切削机床的拥有量、产量、品种和质量如何，是衡量其工业水平的标志之一。因此，金属切削机床工业在国民经济中占据着重要地位。

二、机床的发展概况和我国机床工业的水平

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，并随着社会生产的发展和科学技术的进步而渐趋完善。最原始的机床是木制的，所有运动都由人力或畜力驱动，主要用于加工木料、石料和陶瓷制品的泥坯。15 ~ 16 世纪出现铣床和磨床。我国明代宋应星所著《天工开物》中就已有对天文仪器进行磨削和铣削的记载。图 0-2 就是 1668 年加工天文仪器上大铜环的铣床。它利用直径 2 丈（约 6.7 m）的镶片铣刀，由牲畜驱动来进行铣削。铣削完毕后，将铣刀换下，装上磨石，还可以对大铜环进行磨削加工。

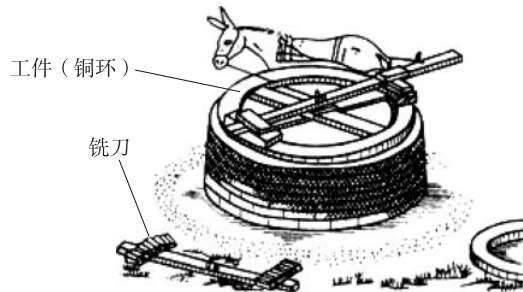


图 0-2 1668 年我国天文仪器上铜环的铣削加工

现代意义上的用于加工金属机械零件的机床，是在 18 世纪中叶才开始发展起来的。18 世纪末，蒸汽机的出现提供了新型巨大的能源，使生产技术发生了革命性的变化。在加工过程中逐渐产生了专业分工，出现了多种类型的机床。1770 年前后创制了镗削汽缸内孔用的镗床，1797 年出现带有机动刀架的车床。到 19 世纪末车床、钻床、镗床、刨床、拉床、铣床、磨床、齿轮加工机床等基本类型的机床已先后形成。随着机械制造业及其相关行业的发展，在机床工业中，不断改进设计基础理论，使用新技术、新材料、新工艺及新方法，使机床在品种和技术性能上得到了迅速的发展。

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的变化。随着电气、液压等技术的出现并在机床上得到普遍应用，使机床技术有了迅速的发展。除通用机床外，又出现了许多变型品种和各式各样的专用机床。20 世纪 50 年代，在综合应用电子技术、检测技术、计算技术、自动控制和机床设计等各个领域最新成就的基础上发展起来的数

控机床,使机床自动化进入了一个崭新的阶段,与早期发展的仅适用于大批量生产的纯机械控制和继电器接触控制的自动化机床相比,它具有很高柔性,即使在单件和小批量生产中也能得到经济的使用。

综观机床的发展历史,它总是随着机械工业的扩大和科学技术的进步而发展,在高速、复合、智能、环保技术的基础上,通过与控制技术、计算机技术、信息技术有机结合,产品不断向高效率、高精度、柔性化、集成化和高可靠性方向发展,出现了向多主轴、多坐标、复合加工,以及成套设备自动化方向发展的趋势。

我国的机床工业是在中华人民共和国成立后建立起来的。1949年中华人民共和国成立时,机床产量仅1 582台,不到10个品种。中华人民共和国成立后,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。我国机床的拥有量和产量已步入世界前列,品种和质量也有很大的发展和提高。机床产品除满足国内建设的需要以外,而且有一部分已远销海外。从2009年起,中国机床产值占有率达30%以上。2011年中国机床工业完成工业总产值7 437.61亿元,同比增长32.50%,整体上呈现出较快的发展趋势。我国已制定了完整的机床系列型谱,生产的机床品种也日趋完善,目前已具备了成套装备现代化工厂的能力。我国机床的性能也在逐步提高,有些机床已经接近世界先进水平。

我国机床工业的发展是迅速的,成就是巨大的。但由于起步晚、底子薄,与世界先进水平相比,还有较大的差距。主要表现在以下几方面。

(1) 精确度、稳定性、可靠性等差距。比如五轴联动数控机床国外领先产品连续1 500 h没有故障,国产产品大约1 000 h,相差1/3。

(2) 机床的复合性能差距较大。目前市场上五轴联动加工中心多用于航天航空、核电等,单台价格达四五百万元。五轴联动数控是欧洲控制的技术,是欧洲在机床方面的核心技术。沈阳机床、大连机床、齐重数控可以做三轴,五轴也可做,但性能与进口产品相比有一定差距。国内企业和航空航天等重要科研单位使用的高档机床基本靠进口。

(3) 数控系统的差距。数控系统是数控机床的核心,德国西门子、利勃海尔和日本的马扎克、法拉克掌握着数控系统的最高水平,利勃海尔数控系统16个软件包的价格接近母机价格,软件和母机一起销售,不分开出售,软件利润非常高。目前国内机床企业使用的中高档机床的数控系统基本是国外进口。

(4) 其他关键配套件差距。大连机床表示可以向国际先进水平追平95%,但剩下的5%不是一个企业甚至一个行业能够做到的,包括钢铁原料、标准件、螺钉、螺帽等,需要提升国家工业整体水平。此外,工艺、检测等环节目前也达不到世界先进水平。

从我国目前机床工业的发展情况来看,自产数控机床仍远远无法满足国内市场需求,特别是中高端数控机床的比例严重偏低。从2011年的统计来看,1~8月,我国机床工业平均产量数控化率为30.94%,与一些发达国家机床数控率达到70%的水平相比,差距较为明显。与此同时,中国也是当今世界第一大机床消费国和进口国。在市场需求方面,随着国内汽车、钢铁、机械、模具、电子、化工等一批以重工业为基础的高增长行业发展势头强劲,带动了对高效、高精度自动化制造设备的需求,机床工业进入高速增长阶段。在进口方面,以2011年上半年为例,中国从日本、德国进口机床的数额合计已超过60%,而从进口的机种来看,精密生产、高效高速的中高档数控机床需求明显增加,表现出我国机床需求结

构已经发生了较大的改变。

因此，我国机床工业面临着光荣而艰巨的任务，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，在学习和引进国外的先进科学技术的同时，努力提高自主创新能力，以便早日赶上世界先进水平。

三、机床的分类

机床是用于制造机械的机器，也是唯一能制造机床自身的机器，机床品种和规格繁多，不同的机床，其构造不同，加工工艺范围、加工精度和表面质量、生产率和经济性、自动化程度和可靠性等都不同。为了给选用、管理和维护机床提供方便，应对机床进行适当的分类和编号。

1. 按机床的加工性能和结构特点分类

根据我国制定的机床型号编制方法（GB/T 15375—2008），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、锯床及其他机床。在每一类机床中，又按工艺范围、布局型式和结构性能等不同，分为若干组，每一组又细分为若干系（系列）。

2. 同类型机床按其工艺范围（通用性程度）进行分类

（1）通用机床。通用机床可用于加工多种零件的不同工序，加工范围较广，通用性较好，但结构比较复杂。这种机床主要适用于单件小批量生产，如卧式车床、摇臂钻床、万能升降台铣床和万能外圆磨床等。

（2）专门化机床。专门化机床的工艺范围较窄，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。专用机床的工艺范围最窄，只能用于加工某一零件的某一道特定工序，适用于大批量生产。如汽车、拖拉机制造企业中大量使用的各种组合机床、车床导轨的专用磨床等。

3. 同类型机床按照加工精度进行分类

同类型机床按照加工精度可分为普通精度机床、精密机床和高精度机床。

4. 按照自动化程度进行分类

机床按照自动化程度可分为手动、机动、半自动和全自动机床。

5. 按照重量与尺寸进行分类

机床按照重量与尺寸可分为仪表机床、中型机床（一般机床）、大型机床（质量达到 10 t）、重型机床（质量在 30 t 以上）、超重型机床（质量在 100 t 以上）。

6. 按机床主要工作部件的数目进行分类

机床按机床主要工作部件的数目可以分为单轴、多轴、单刀或多刀机床等。

7. 按控制方式与控制系统进行分类

机床按控制方式与控制系统可分为仿形机床、程序控制机床、数字控制机床、加工中心和柔性制造系统。

上述几种分类方法，是由于分类的目的和依据不同而提出的。通常机床是按照加工

方法（如车、铣、刨、磨、钻等）及某些辅助特征来进行分类的。例如，多轴自动车床就是以车床为基本类型，再加上“多轴”“自动”等辅助特征，以区别于其他种类的车床。

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。可见，机床数控化引起了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来越细，而是趋向综合。

四、机床的技术参数与尺寸系列

机床的技术参数是表示机床尺寸大小及其工作能力的各种数据，一般包括以下几个。

(1) 主参数和第二主参数。

① 主参数：是机床最主要的技术参数，它直接反映机床的加工能力，并影响其他参数和基本结构的大小。对通用机床和专门化机床，主参数通常以机床的最大加工尺寸（最大工件尺寸或最大加工面尺寸），或与此有关的机床部件尺寸来表示。

② 第二主参数：为了完整地表示机床的工作能力而规定的。

(2) 主要工作部件的结构尺寸，如主轴前端锥孔尺寸、工作台工作面尺寸等。

(3) 主要工作部件移动行程范围，卧式车床车刀架纵向、横向移动最大行程；尾座套筒最大行程等。

(4) 主运动进给运动的速度和变速级数，快速空行程运动速度等。

(5) 主电动机、进给电动机和各种辅助电动机的功率。

(6) 机床的轮廓尺寸（长×宽×高）和重量。

机床的技术参数是用户选择和使用机床的重要技术资料，在每台机床的使用说明书中均详细列出。

五、机床型号的编制方法

机床型号是机床产品的代号，用于简明地表示机床的类型、通用特性、结构特性、主要技术参数等。现行的编制方法是按2008年颁布的GB/T 15375—2008《金属切削机床型号编制方法》执行。此标准规定，机床型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定的规律组合而成，它适用于新设计的各类通用机床、专用机床和回转体加工自动线（不包括组合机床、特种加工机床）。

1. 通用机床型号表示方法

通用机床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，辅助部分纳入型号与否由生产厂家自定。型号中各组成部分的意义如图0-3所示。

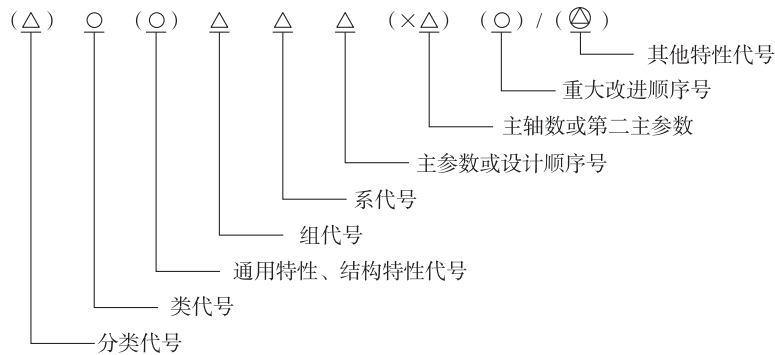


图 0-3 通用机床型号各组成部分的意义

注意以下方面：

- 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“O”符号者，为大写的汉语拼音字母；
- ③ 有“Δ”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。

1) 机床的类别代号

机床的类别代号包括分类代号和类代号。机床的类代号用大写的汉语拼音字母表示，按其相应的汉字字意读音。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：铣床类代号“X”，读作“铣”。机床的类别和类别代号见表 0-1。

表 0-1 机床的类别和类别代号

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	锯床	其他机床
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

2) 机床的特性代号

机床的特性代号表示机床具有的特殊性能，包括通用特性和结构特性。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。

(1) 通用特性代号。通用特性代号有统一的固定含义，它在各类机床的型号中，表示的意义相同。当某类型机床除了有普通型外，还有某些通用特性时，在类代号之后加通用特性代号予以区别。例如：型号“CK ----”表示数控车床，型号“CQ ----”表示轻型车床等。如果某类型机床仅有某种通用特性，而无普通型，则通用特性不予表示。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。

当在一个型号中需同时使用 2~3 个通用特性代号时，一般按重要程度排列顺序。例如：型号“MBC ----”表示半自动高精度磨床。机床通用特性代号见表 0-2。