

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

现代机械工程系列精品教材

普通高等教育机电类规划教材



Machinery Manufacturing Equipment

机械制造装备

第④版

黄鹤汀 ◎ 主编

王芙蓉 杨建明 ◎ 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
现代机械工程系系列精品教材
普通高等教育机电类规划教材

机械装备制造

第4版

主 编	黄鹤汀		
副主编	王芙蓉	杨建明	
参 编	林朝平	吴乃领	贾晓林
	黄景飞	李鹭扬	
主 审	郑 岳		



机械工业出版社

本书是机械设计制造及其自动化专业用的规划教材。课程内容主要包括金属切削机床、金属切削刀具和机床夹具三部分。

书中着重介绍机械制造装备的工作原理和设计的基本知识、方法。全书主要内容包括金属切削机床、金属切削机床典型部件、机床总体设计和传动系统设计、金属切削刀具和机床夹具。

本书内容简明扼要、深入浅出,注重实用性,并适当反映制造技术与装备的新技术、新动向,着重介绍数控加工技术的有关内容。

本书适用于高等工科院校机械类专业以及相关专业的教学,也可供专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造装备/黄鹤汀主编. —4版. —北京:机械工业出版社, 2018. 12
“十三五”国家重点出版物出版规划项目 现代机械工程系列精品教材
普通高等教育机电类规划教材
ISBN 978-7-111-61065-6

I. ①机… II. ①黄… III. ①机械制造-工艺装备-高等学校-教材
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 228543 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:刘小慧 责任编辑:刘小慧 王海霞 王小东

责任校对:陈越 封面设计:张静

责任印制:孙炜

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2019 年 1 月第 4 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.75 印张·406 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-61065-6

定价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：左健民 周骥平 林 松 戴国洪
王晓天 丁 坤

秘 书 长：秦永法

委 员：(排名不分先后)

朱龙英	余 皞	叶鸿蔚	李纪明
左晓明	郭兰中	乔 斌	刘春节
王 辉	高成冲	侯志伟	杨龙兴
张 杰	舒 恬	赵占西	黄明宇

序 言

进入 21 世纪以来，在社会主义经济建设、社会进步和科技飞速发展的推动下，在经济全球化、科技创新国际化、人才争夺白炽化的挑战下，我国高等教育迅猛发展，已跨入了高等教育大众化阶段，使高等教育理念、定位、目标和思路等发生了革命性变化，逐步形成了以科学发展观和终身教育思想为指导的新的高等教育体系和人才培养工作体系。本套书第 1 版就是在大批应用型本科院校和高等职业技术学院异军突起、超常发展之际，组织扬州大学、南京工程学院、河海大学常州校区、淮海工学院、南通大学、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、江南大学等 12 所高校规划出版的。据调查，用户反映良好，并反映本系列教材基本上体现了下面提出的四个特点，符合地方应用型工科本科院校的教学实际，较好地满足了一般应用型工科本科院校的教学需要。用户的评价使我们很欣慰，但更是对我们的鞭策和鼓励。我们应当为过去取得的进步和成绩感到高兴。同样，我们更应为今后这些进步和成绩的进一步发展而正视自己。我们并不需要刻意去忧患，但现实中确实存在值得忧患的地方，如果不加以正视，就很难有更美好的明天。因此，我们在总结前一阶段经验教训的新起点上，坚持以国家新时期教育方针和科学发展观为指导，坚持“质量第一、多样发展、打造精品、服务教学”的方针，坚持高标准、严要求，把新一轮机电类教材修订、编写、出版工作做大、做优、做精、做强，为建设有中国特色的高水平的地方工科应用型本科院校做出新的更大贡献。

一、坚持用科学发展观指导教材修订、编写和出版工作

应用型本科院校是我国高等教育在推进大众化过程中崛起的一种重要的办学类型，它除应恪守大学教育的一般办学基准外，还应有自己的个性和特色，这就是要在培养具有创新精神、创业意识和创造能力的工程、生产、管理、服务一线需要的高级技术应用型人才方面办出自己的特色和水平。应用型本科院校人才的培养既不能简单“克隆”现有的本科院校，也不能是原有专科培养体系的相似放大。应用型人才的培养，重点仍要思考如何与社会需求对接。既要从学生的角度考虑，以人为本，以素质教育的思想贯穿教育教学的每一个环节，实现人的全面发展，又要从经济建设的实际需求考虑，多类型、多样化地培养人才，但最根本的一条还应是坚持面向工程实际，面向

岗位实务,按照“本科学历+岗位技术”的双重标准,有针对性地进行人才培养。根据这样的要求,“强化理论基础,提升实践能力,突出创新精神,优化综合素质”应当是工作在一线的本科应用型人才的基本特征,也是对本科应用型人才的总体质量要求。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才的培养模式,而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型人才培养必须依靠应用型的课程和内容,用学科型的教材难以保证培养目标的实现。课程体系与教学内容要与应用型人才的知识、能力、素质结构相适应。在知识结构上,科学文化基础知识、专业基础知识、专业知识、相关学科知识这四类知识在纵向上应向应用前沿拓展,在横向上应注重知识的交叉、联系和衔接。在能力结构上,要强化学生运用专业理论解决实际问题的实践能力、组织管理能力和社会活动能力,还要注重思维能力和创造能力的培养,使学生能思路清晰、条理分明、有条不紊地处理头绪纷繁的各项工作,并能创造性地工作。能力培养要贯彻到教学的整个过程之中。如何引导学生去发现问题、分析问题和解决问题,应成为应用型本科教学的根本。

探讨课程体系、教学内容和培养方法,还必须服从和服务于学生全面素质的培养。要通过形成新的知识体系和能力延伸,来促进学生思想道德素质、文化素质、专业素质和身体心理素质的全面提高。因此,要在素质教育思想的指导下,对原有的教学计划和课程设置进行新的调整和组合,使学生能够适应社会主义现代化建设的需要。我们强调培养“三创”人才,就应当用“三创教育”、人文教育与科学教育的融合等适应时代的教育理念,选择一些新的课程内容和新的教学形式来实现。

研究课程体系,必须看到经济全球化与我国加入世界贸易组织以及高等教育的国际化对人才培养的影响。如果我们的课程内容缺乏国际性,那么我们所培养的人才就不可能具备参与国际事务、国际交流和国际竞争的能力。应当研究课程的国际性问题,增设具有国际意义的课程,加快与国外同类院校课程的接轨。要努力借鉴国外同类应用型本科院校的办学理念、培养模式和做法来优化我们的教学。

在教材编、修、审全过程中,必须始终坚持以人的全面发展为本,紧紧围绕培养目标和基本规格进行活生生的“人”的教育。一所大学能使师生获得自由的范围和程度,往往是衡量这所大学成功与否及其水平的标志。同样,我们修订和编写教材,提供教学用书,其最终目的是为了把知识转化为能力和智慧,使学生获得谋生的手段和发展的能力。因此,在教材编写、修订过

程中，必须始终把师生的需要和追求放在首位，努力提供好教、好学的教材，努力为教师和学生留下充分展示自己教和学的风格与特色的空间，使他们游刃有余，得心应手，还能激发他们的科学精神和创造热情，为教和学的持续发展服务。教师是课堂教学的组织者、合作者、引导者、参与者，而不应是教学的权威。教学过程是教师引导学生，和学生共同学习、共同发展的双向互促过程。因此，编写、修订教材对于主编和参加编写的教师来说，也是一个重新学习，并使思想水平、学术水平不断提高的过程，绝不能丢失自我，绝不能将“枷锁”移嫁给别人，这里“关键在自己战胜自己”，关键在自己的理念、学识、经验和水平。

二、坚持质量第一，努力打造精品教材

教材是教学之本。大学教材不同于学术专著，它既是学术专著，又是教学经验之理性总结，必须经得起实践和时间的考验。学术专著的错误充其量只会贻笑大方，而教材之错误则会贻害一代青年学子。有人说：“时间是真理之母。”时间是对我们所编写教材的最严厉的考官。因此我们要坚持用高标准、严要求来对教材进行再次修订，以确保教材的质量和特色。为此，必须采取以下措施：第一，高等教育的核心资源是一支优秀的教师队伍，必须重新明确主编和参加编写教师的标准和要求，实行主编负责制，把好质量第一关；第二，教材要从一般工科本科应用型院校的实际出发，强调实际、实用、实践，加强技能培养，突出工程实践，适度简练内容，跟踪科技前沿，合理反映时代要求，这就要求我们必须严格把好教材修订计划的评审关，择优而用；第三，加强教材修订的规范管理，确保编写、主审以及交付出版社等各个环节的质量和标准，实行环节负责制和责任追究制；第四，确保出版质量；第五，建立教材评价制度，奖优罚劣。对经过实践使用、用户反映好的教材要进行不断修订再版，切实培育一批名师编写的精品教材。出版的精品教材必须配有多媒体课件，并逐步建立在线学习网站。

三、坚持“立足江苏、面向全国、服务教学”的原则，努力扩大教材使用范围，不断提高社会效益

对于新一轮教材修订工作，必须加快吸收有条件、有积极性的外省市同类院校、民办本科院校、独立学院和有关企业参加，以集中更多的力量，建设好应用型本科教材。同时，要相应调整编审委员会的人员组成，特别要注意充实省内外优秀的“双师型”教师和相关企业专家。

四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的省市有关高校进行教材使用质量跟踪调查，并建立

网站，以便快速、便捷、实时地听取各方面的意见，不断修改、充实和完善教材的编写和出版工作，实实在在地为培养高质量的应用型本科人才服务，同时也努力为造就一批工科应用型本科院校高素质、高水平的教师提供优良服务。

本套教材的编审和出版一直得到了机械工业出版社、江苏省教育厅和各位主编、主审及参加编写人员所在高校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。今后，我们应一如既往地更加紧密地合作，共同为工科应用型本科院校教材建设做出新的贡献，为培养高质量的应用型本科人才做出新的贡献，为建设有中国特色社会主义的应用型本科教育做出新的努力。

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员 教授 邱坤荣

第4版前言

本书自2001年出版以来，已有十多年的时间。这期间，特别是近几年，根据教学实践所反映的意见，编者再次对本书进行修订。

这次修订仍然保持原教材的体系和基本内容——金属切削机床、金属切削刀具和机床夹具。修订重点是对内容进行了适当增删和更正，使教材更注重应用性，力求简明、易懂和准确，以便于课堂教学和自学。

全书由主编黄鹤汀执笔修订，李鹭扬协助。参加本书编写的人员有：王芙蓉、杨建明、林朝平、吴乃领、贾晓林、黄景飞、李鹭扬等。

由于编者水平有限、难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

第3版前言

本书自2001年出版以来，得到广大教师和学生的厚爱，对教材内容提出了宝贵的意见和建议，在此深表感谢。

本书修订后，仍保留原教材的体系和特点。内容包含金属切削机床、金属切削刀具、机床夹具三部分。有关金属切削原理和机械制造工艺学的内容划归同系列教材的《机械制造技术》中，属于手册性质的资料，则划入同系列教材的《机械工程及自动化简明设计手册》中。

这次修订的重点放在金属切削刀具的内容上，一是增补了一些基本内容，如钻削、铣削等，二是增加了必要的插图，以便于读者阅读学习。另外，对其他一些内容还做了进一步的修正和删减。

本次修订由黄鹤汀负责，参加编写的人员有：王芙蓉、杨建明、林朝平、吴乃领、贾晓林、黄景飞。

由于编者水平有限，难免有不妥与错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

第2版前言

本书自2001年出版以来，经过几年的教学实践，各兄弟院校对教材也提出了宝贵的意见和建议，有必要对教材做进一步修订。

本书修订后，保留原教材的体系和特点。内容有金属切削机床概论及设计、金属切削刀具、机床夹具设计三部分。把金属切削原理和机械制造工艺的教学内容归到《机械制造技术》一书，属于手册性质的资料一律划入《机械工程及自动化简明设计手册》中。

本课程的学习目的是着重掌握金属切削机床、主要工艺装备的基本知识和基本设计知识。这次修订的重点放在第五章机床夹具部分，增加了机床夹具设计的内容和实例。对第四章金属切削刀具的一些内容做了增补。

全书修订工作由黄鹤汀负责，淮海工学院杨建明修订编写了第五章机床夹具，其他各章的编者如第1版。江苏理工大学郑岳担任主审。

由于编者水平有限，难免有不妥与错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

第 1 版前言

本书是机械工程及自动化专业的专业课教材。课程内容主要包括金属切削机床、金属切削刀具和机床夹具三部分。教学时数为 55~60 学时。课程学习的目的是掌握机械制造装备的基本设计知识和主要工艺装备的基本设计能力。有关工业机器人和物流系统的内容划归《机械制造自动化技术》(周骥平主编)一书,有关组合机床设计的内容可参阅机械工业出版社出版、谢家瀛主编的《组合机床设计简明手册》和扬州大学工学院研制的“组合机床多轴箱 BOXCAD”。金属切削原理及机械制造工艺的内容划入《机械制造技术》(吉卫喜主编)一书。

本书的编写力求做到删繁就简、弃旧图新,着重说明机械制造装备的基本原理及基本设计知识,适当地反映当前先进制造技术与装备的发展趋势,属于手册性质的资料一律划入《机械工程自动化简明设计手册》。

本书由黄鹤汀任主编,王芙蓉和杨建明任副主编。具体分工如下:绪论由黄鹤汀编写,第一章由黄鹤汀、王芙蓉、吴乃领、黄景飞编写,第二章由王芙蓉、吴乃领编写,第三章由王芙蓉、黄鹤汀、黄景飞编写,第四章由林朝平、贾晓林编写,第五章由杨建明编写。在统稿过程中,王芙蓉做了许多工作。

全书由江苏理工大学郑岳教授主审。

本书在编写过程中,得到有关院校、工厂的热情支持,并得到扬州大学教材建设资金的资助。江苏理工大学张宝荣、南京工程学院周志明对教材编写提出了许多宝贵意见,在此谨致谢意。

编 者

目 录

序言

第4版前言

第3版前言

第2版前言

第1版前言

绪论 1

第一章 金属切削机床 3

第一节 机床的基本知识 3

第二节 车床 15

第三节 磨床 34

第四节 滚齿机 插齿机 39

第五节 数控机床 54

第六节 其他机床 79

习题与思考题 89

第二章 金属切削机床典型部件 93

第一节 主轴部件 93

第二节 支承件及导轨 105

第三节 自动换刀装置 118

习题与思考题 125

第三章 机床总体设计和传动系统设计 126

第一节 机床总体设计 126

第二节 传动系统设计 134

习题与思考题 150

第四章 金属切削刀具 152

第一节 概述 152

第二节 车刀 156

第三节 孔加工刀具 165

第四节 铣削和铣刀 180

第五节 螺纹刀具 188

第六节 齿轮刀具 193

第七节 磨具 201

第八节 自动化加工中的刀具 205

习题与思考题 209

第五章 机床夹具 211

第一节 概述 211

第二节 工件的定位及定位元件 213

第三节 工件的夹紧及夹紧装置 229

第四节 机床夹具的其他装置及
元件 241

第五节 机床专用夹具的设计要点 246

第六节 现代机床夹具的发展趋势 259

习题与思考题 264

参考文献 269



绪论

一、机械制造业概况及发展前景

机械制造业在国民经济中占有重要的地位，是一个国家或地区发展的重要支柱，尤其是在发达国家，它创造了当前 $1/4 \sim 1/3$ 的国民收入。在我国，工业（主体是制造业）占国民经济比重的 45%，制造业是我国经济的战略重点。在各类机械制造部门中，金属切削机床是加工机器零件的主要设备，所担负的工作量占机械制造总工作量的 40% ~ 60%，在其所拥有的所有装备中，机床占 50% 以上。机床及其他的制造装备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，担负着为国民经济各部门提供现代化技术装备的任务。

20 世纪 60 年代以来，电子技术、信息技术和计算机技术高速发展，并且在制造技术和自动化方面得到了广泛应用。同时，金属零件的无屑和切削加工，由于利用材料技术和过程控制技术的最新成就，使得加工方法进一步趋于合理化。数控技术的发展和运用使得以机床、工业机器人为代表的机械制造装备的结构发生了一系列的变化，机械结构在装备中的比重下降，而电子技术的硬、软件的比重上升。例如，机床的主传动系统采用无级调速电主轴部件，提高了主传动系统性能，简化了结构；机床的进给系统采用直流或交流伺服电动机或直线电动机驱动，简化了传动链，加快了高速化的步伐，同时也提高了机床的加工精度和自动化程度。在加工零件改换时，数控机床只需改变零件的加工程序就能完成相应工作，显示了较高的灵活性。20 世纪 80 年代以来，数控系统和数控机床得到了充分发展，当前我国要尽快发展高端数控机床。

20 世纪 70 年代末以来，柔性制造系统（FMS）和计算机集成制造系统（CIMS）得到了开发和应用，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，从而可以降低成本和缩短加工周期，同时还可以提高产品的质量、柔性及生产率。

纵观几十年来的历史，制造业从早期降低成本的竞争，经过 20 世纪 70 年代、80 年

代发展到 20 世纪 90 年代乃至 21 世纪初的新产品的竞争。当前面临的新形势是：知识—技术—产品的更新周期越来越短，产品的批量越来越小，人们对产品的性能和质量的要求越来越高，环保意识和绿色制造的呼声越来越高，因而以敏捷制造为代表的先进制造技术将是制造业快速响应市场需求、不断推出新产品、赢得竞争、求得生存和发展的主要手段。这一经济竞争是围绕以知识为基础的新产品竞争，是一场以信息技术为特征的新的制造业革命。制造业正从以机器为特征的传统技术时代，向以信息为特征的系统技术时代迈进。因此，加快发展先进制造技术已成为各国的共识。

当前，制造技术的发展趋势是：必须强化具有自己创新技术（独占性）的产品开发能力，缩短产品的上市时间，提高产品质量和生产率，从而提高企业的市场应变能力和综合竞争能力。工艺与装备技术的发展体现在高精度、高效率、低成本、高柔性、智能化和洁净化等方面，重视先进的基本制造工艺与特种工艺的研究，重视先进工装、刀具的研究，研制高性能的自动化制造设备，开发基于新工艺的装备等，仍是当务之急。

二、本课程的学习目的、要求与主要研究内容

机械制造装备包括加工装备、工艺装备、仓储输送装备和辅助装备四种，它与制造工艺和方法紧密联系在一起，是机械制造技术的重要载体。

1. 加工装备

加工装备主要是指金属切削机床、特种加工机床和金属成形机床等。

2. 工艺装备

工艺装备是指机械制造过程中所用的刀具、模具、夹具、量具，它们在制造过程中用以保证制造质量，提高生产率。

3. 仓储输送装备

仓储输送装备用来存储材料、外购件、半成品及工具等。

物料输送主要由流水线或自动线完成，此外，还有专为机床设计的工件上料和下料装置。

4. 辅助装备

辅助装备指各种清洗机、排屑机及各种计量装置等。

本课程作为机械制造专业的一门专业课，其学习目的是掌握机械制造装备的工作原理及其正确使用和选用方法，并具备一定的机床总体设计、传动设计、结构设计基本知识及主要工艺装备的基本设计能力。

有关机器人、仓储输送装备内容划归机械制造自动化技术课程，而机械制造技术课程则以切削理论和制造工艺方法为主要内容。



第一章

金属切削机床

第一节 机床的基本知识

一、机床的分类和型号编制

(一) 机床的分类

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，其品种和规格繁多，为了便于区别、使用和管理，需对机床加以分类并编制型号。

机床主要是按其加工性质和所用的刀具进行分类的。根据 GB/T 15375—2008《金属切削机床 型号编制方法》，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、锯床和其他机床。

在每一类机床中，又按工艺特点、布局形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。

按照自动化程度的不同，机床可分为手动机床、机动机床、半自动机床和自动机床。

按照质量和尺寸的不同，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，机床还可以按其主要工作部件的多少，分为单轴机床、多轴机床或单刀机床、多刀机床等。

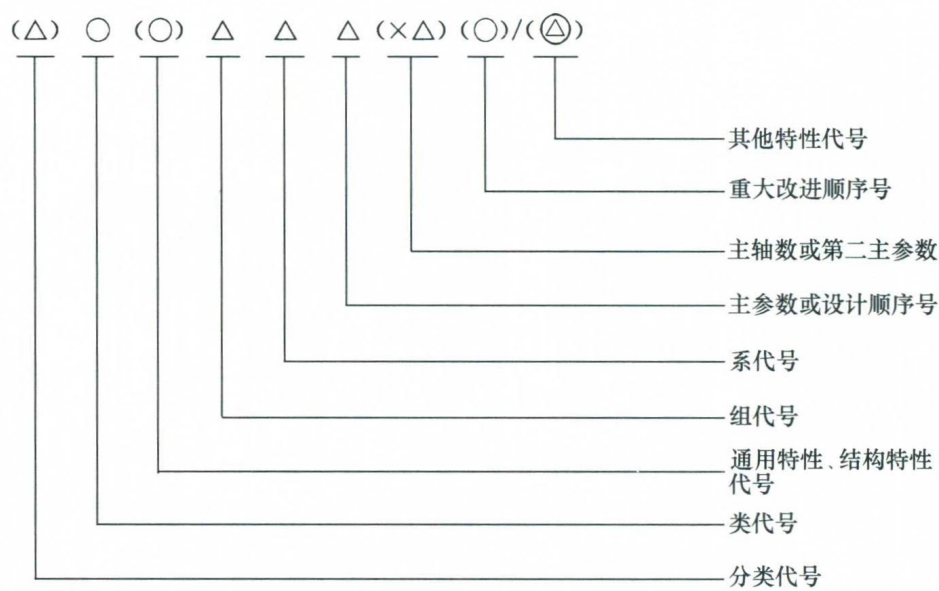
通常，机床先根据加工性质进行分类，再根据其某些特点做进一步描述，如多刀半自动车床、多轴自动车床等。

(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、用途和结构特性及主要技术参数等。我国现行的机床型号是按 2008 年颁布的 GB/T 15375—2008 《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，不适用于组合机床、特种加工机床。

1. 通用机床的型号

(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“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。

(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