

机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械制造技术装备及设计

(新版)

杜君文 主 编
谷祖强 林树忠 刘金声 副主编

SHUZHANG BEIJI SHEJI



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

TH12/4=2

2007

机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械制造技术装备及设计

(新版)

杜君文 主 编

谷祖强 林树忠 刘金声 副主编

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书是大专院校机械设计制造及自动化、机械工程及自动化、汽车工程、机电、数控、模具、CAD/CAM 等专业的主干专业课教材。适用 60~80 学时使用。全书共三篇十四章。绪论介绍了先进制造技术的含义及其对制造技术装备的要求;第一篇介绍车床,简要介绍铣床、镗床的工作原理以及齿轮机床和组合机床(选用);第二篇介绍数控车床,数控铣床,加工中心(并简要介绍板材加工中心及 FMC),数控电加工机床,数控激光加工机床和三坐标测量机;第三篇简介现代设计方法和理论,阐述分级变速和无级变速主传动系统的设计理论和方法,数控机床(特别是加工中心)主轴部件的先进结构和先进技术,进给传动系统的滚珠丝杠部件的设计技术及制造技术装备的基本性能等。使本书成为以数控机床为主体的制造技术装备及设计教材。

由于本书从普通车床、普通铣床的运动、传动、结构开始,在这样普遍、广泛、随处可见的感性认识的基础上,简明扼要地介绍从普通机床过渡到数控机床的原理,较深入详细地介绍了数控车床、车削中心、数控铣床、加工中心的组成、控制原理、坐标系、传动系统、结构特点、功能范围和应用示例等,故本书也是大专院校机械设计制造及自动化、机电、数控、模具等专业的专科层次的数控机床教材。因本书还全面介绍了数控机床的主传动系统和进给伺服系统的设计理论和方法,所以本书还可供从事数控技术应用的开发人员、研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术装备及设计(新版)/杜君文 主编;谷祖强
林树忠 刘金生 副主编. —天津市:天津大学出版社,
2007.10

ISBN 978-7-5618-2520-4

I. 机… II. ①杜… ②谷… III. IV.

中国版本图书馆 CIP 数据核字()第号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
短信网址 发送“天大”至 916088
印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 17
字 数 426 千
版 次 2007 年 10 月第 1 版
印 次 2007 年 10 月第 1 次
印 数 1-3 000
定 价 28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

本书从 1998 年出版以来,得到全国众多大专院校的采用,受到广大师生的好评。随着我国改革开放进程的不断深入,特别是在制造业中数控机床的应用越来越普遍,在装备制造领域我国数控机床的产量、功能和水平都有了长足的进步,而且产业部门急需熟悉和掌握数控技术的各层次人才。为了适应这一情况,编者决定对原书进行修订。修订的主旨是突出数控机床的构成和基本工作原理、主要结构特点、数控机床的优势,以及设计数控机械设备的的基本理论和方法,也使本书成为以数控机床为主体的制造技术装备及设计教材。

本书的普通车床内容是为学生掌握机械传动系统的分析方法和零件表面形成所需要的各种运动,了解车削螺纹时工件旋转运动和刀具进给运动之间的严格比例关系,为顺利过渡到数控车床打下良好的感性认识基础。因为世界上第一台数控机床是三坐标数控立式铣床,所以本书这次充实了铣床部分的内容。第二篇具体介绍了数控车床,数控铣床,铣、钻、镗复合的加工中心等构成、控制原理、主要性能、传动系统、结构特点和应用示例等,并进一步介绍依托数控技术发展起来的数控电加工机床和数控激光加工机床,以及数控三坐标测量机等的特点和工作原理。这样就为学生今后应用和开发数控机床(或数控机械设备)打下良好的、丰富的感性认识基础。这种体系和内容安排在同类教材中是不多见的。在设计部分介绍了传统转速图的级比规律,以便为设计数控机床的交、直流无级变速系统加分级变速箱的设计理论打下基础;在主轴组件一章中着重介绍数控机床主传动系统采用的主轴脉冲发生器,主轴准停,主轴的松卡刀装置,主轴轴承的组合与配置,轴承的调整、润滑、锁紧等环节中的高新技术和先进结构,以及数控机床进给伺服传动系统的特殊要求、设计理论、组成环节、新型结构、设计步骤和方法。这样使学生由感性到理性形

成一个具体的、完整的创新设计概念,为今后对数控机床和其他数控机械设备进行创造性的应用和开发打下坚实的基础。

不仅如此,还对在教材内容中涉及的制图、力学、电学、机械学、工艺学等方面的基础知识都进行了必要的巩固和提高,这对学生正确地进行 CAD 工作也将大有裨益。从这里可以看出,本书可作为大专院校的机械设计制造及自动化、机械工程自动化、数控技术、汽车工程、工业工程、机电、模具、CAD/CAM 等专业的“机械制造技术装备及设计”课教材;也适合作为上述各专业不同层次教学要求的“数控机床”课教材;更基于对学生加强工程教育和工程训练提供了许多范例;还可供从事数控技术开发、应用的工程技术人员参考。

由于时间和认识水平的限制,本书难免还存在许多缺点和不足,诚恳地希望读者批评指正。

编者

2007年5月

目 录

绪论	(1)
第一篇 切削加工技术装备	(5)
第一章 车床	(5)
第一节 概述	(5)
第二节 车床的传动系统	(7)
第三节 车床传动系统的主要结构	(15)
第四节 车床上的运动及联系	(22)
第五节 其他车床的工艺特点	(24)
第二章 铣、钻、镗床	(26)
第一节 铣床	(26)
第二节 钻床	(30)
第三节 镗床、镗铣床	(33)
第三章 齿轮机床	(37)
第一节 齿轮表面的形成	(37)
第二节 滚齿机的传动系统	(39)
第三节 锥齿轮加工机床	(47)
第四章 组合机床	(51)
第一节 组合机床的组成及工艺特点	(51)
第二节 组合机床的通用部件	(54)
第三节 组合机床实例	(68)
第二篇 数控加工技术装备	(77)
第一章 数控车床	(77)
第一节 概述	(77)
第二节 MJ—50 数控车床	(79)
第三节 车削中心简介	(90)
第二章 数控铣床	(96)
第一节 概述	(96)
第二节 XKA5750 数控铣床	(98)
第三节 数控钻床、数控镗铣床	(105)
第四节 数控齿轮机床	(107)

第三章 加工中心	(110)
第一节 概述	(110)
第二节 JCS—018A 立式加工中心	(111)
第三节 板材加工中心和 FMS	(122)
第四章 数控电加工机床	(127)
第一节 数控电火花机床	(127)
第二节 数控线切割机床	(129)
第五章 数控激光加工机床和三坐标测量机	(131)
第一节 数控激光加工机床和 RPM 技术	(131)
第二节 三坐标测量机	(133)
第三篇 机械制造技术装备设计	(138)
第一章 制造技术装备的功能设计	(138)
第一节 制造技术装备的功能需求分析	(138)
第二节 制造技术装备设计与现代设计方法和理论	(139)
第三节 制造技术装备的外观造型设计和作业空间设计	(142)
第二章 主传动系统设计	(146)
第一节 概述	(146)
第二节 分级变速的主传动系统设计	(151)
第三节 无级变速的主传动系统设计	(165)
第四节 主传动系统的结构设计	(169)
第三章 主轴组件	(176)
第一节 对主轴组件的基本要求	(176)
第二节 采用滚动轴承的主轴组件	(181)
第三节 主轴的滑动轴承	(198)
第四节 提高主轴组件性能的措施	(205)
第五节 主轴组件的润滑与密封	(207)
第四章 进给传动系统	(210)
第一节 概述	(210)
第二节 伺服驱动电动机	(211)
第三节 进给伺服传动系统设计	(218)
第四节 数控机床上的位置检测装置	(232)
第五节 导轨	(240)
第六节 设计计算举例	(244)
第五章 机床的主要性能	(251)
第一节 机床的精度	(251)
第二节 机床的噪声	(255)
第三节 机床的热变形	(259)
第四节 机床低速运动的平稳性	(261)
参考文献	(265)

绪 论

一、制造技术的发展是人类社会前进的重要推动力量

制造技术是使原材料变成社会物质产品的技术总称,是一门既古老又年轻的科学。

整个人类社会的文明史,就是制造技术不断演变和发展的历史。在石器时代,人类以石料作为工具,采集利用自然资源作为主要生活手段。到青铜器、铁器时代,人们开始采矿、冶炼、铸锻工具、织布,满足以农业为主的自然经济需要,并开始有了作坊式手工业,生产用动力主要是人力,局部用水力和风力。1765年,瓦特发明了蒸汽机,引发了第一次工业革命,近代工业化大生产开始出现。1864年麦克斯韦电磁场理论的建立为发电机、电动机的发明奠定了科学基础,从而迎来了以电作为动力源的电气化时代,从而改变了机器的结构,开拓了机电制造技术的新局面。19世纪末到20世纪初,内燃机的发明使汽车进入了欧美家庭,引发了制造业的又一次大革命——即大批、大量生产时代。以福特公司为例,它在1913—1927年间采用标准化、专业化、协作的流水生产方式和泰勒管理方法,至1927年共生产和销售汽车达1500万辆。这种生产方式为二战期间的大规模军工生产提供了物质基础、技术基础和管理经验。二战后,人类迎来了电子时代,通信的迅速普及和计算机的出现,尤其是半导体、大规模集成电路的出现,引发了新的工业革命。

20世纪50年代诞生了数字控制机床(Numerical Control,即NC,后来又发展成Computer Numerical Control,简称CNC)、加工中心(Machining Center,即MC)和工业机器人(Robot),20世纪60年代产生了柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,简称FMS),同时在此期间还出现了采用计算机进行辅助设计(CAD)和辅助制造(CAM)的技术。在上述各项技术的综合推动下,20世纪70年代又产生了计算机集成制造(Computer Integrated Manufacturing,即CIM)思想,以及智能制造(Intelligent Manufacturing)、并行工程(Concurrent Engineering)、快速原型制造(Rapid Prototype Manufacturing)和虚拟制造(Virtual Manufacturing)等概念。由此,迎来了以信息传递与控制为特征的工业革命时代。

但不管在什么阶段,都是将原材料制成产品,以满足人类生产和生活的需要。这种将原材料转化(或物化)为产品的全过程,即称为制造。这种创造物质文明的制造活动,是人类社会的主要生产活动。而从事这种生产活动的群体(企业、集团、机构等)所属的行业,则统称为制造业。完成制造产品所采用的一切手段的总和称为制造技术。

任何国家的制造业都是国民经济的基础产业,也是国民经济的主要来源。如美国有68%的财富是由制造业提供的。日本1990年国民经济总产值的49%来源于制造业。我国制造业对国民经济的贡献也达40%以上。可见没有发达的制造业,就不可能有国家真正的繁荣和强大。制造技术是制造业的技术支柱,是一个国家科技水平、综合国力的重要体现,制造技术的发展是一个国家经济持续增长的根本动力。

二、先进制造技术及其内涵

在当今时代,任何一个具备完整工业体系的国家,都会有相当数量的制造工业,如汽车、机车、电力、船舶、航空航天、冶金、矿山、石油化工、机床工具、通信、轻工、建材、家电、食品、仪器仪表、计算机等。上述这些部门大多与机械工业有关,有的实质上就是机械工业,它们都是用机械设备制造各种各样的产品。所以说机械工业是国民经济的装备部,是国民经济的先导,是国家重要的基础工业。马克思深刻指出:“大工业必须掌握它特有的生产资料,即机器的本身,必须用机器生产机器,这样,大工业才建立起与自己适应的技术基础,才得以自立。”如果一个国家的机械工业水平不高,它生产的产品在国际市场上是很难有竞争力的,也是很难立于世界民族之林的!作为世界工业强国的美国,20世纪70年代曾认为制造业是“夕阳工业”,经济重心应由制造业转向高科技产业及服务业等第三产业。科研重视理论成果,不重视实际应用,政府不支持产业技术,使美国制造业产生衰退。而同期日本重视制造技术,重视高素质人才培养,注重将高科技成果应用于制造业,加之严密的社会组织,很快把原来美国占绝对优势的产业(如汽车、照相机、家电、机床、复印机、半导体等)变成自己的主导产业,占领了世界市场。这很快引起了美国政界、科技界、企业界有识之士的关注。有人惊呼,这样下去,“将威胁到美国国家的安全”。为此,20世纪80年代后期,美国政府和企业迅速组织调查,MIT在调查报告中指出:“一个国家要想生活得好,必须生产得好。振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”,当前国际间“经济的竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争”。1993年美国总统在“促进美国经济增长的技术——增强经济实力的新方向”报告中指出“制造业仍然是美国的经济基础”,要“促进先进制造技术的发展”,而且1994年唯一扶持的科技领域就是先进制造技术首创计划,款额高达14亿美元,成立了8个国家级制造技术研究中心和地区级、大学、企业等多层次的制造技术研究中心。到1994年,欧洲报刊称“由于采用先进的设计技术手段,美国新设计的汽车在技术水平上已超过日本和欧洲”。美国汽车产量1994年再次超过日本,美国汽车已重新占领欧、美市场。

由此可见“先进制造技术”一词源于美国,历史并不长,至今尚无统一的定义,而且,先进制造技术随时代不断前进和发展。但有2点必须注意:一是“先进”,即设计思想和设计方法要先进,制造手段和制造过程管理要先进,市场需求反应要先进;二是要全面、系统、动态地反应、对待和处理先进制造技术领域的问题。当今社会计算机技术大力普及和发展,新材料、新工艺、新结构层出不穷,高性能的机电一体化元件不断涌现,为实施先进制造技术打下了一个良好的基础,有些过去在制造领域难做的事情现在变得容易和方便多了。

目前一般认为先进制造技术都具有如下特点。

①先进制造技术并不摒弃传统技术,而是不断用新科技手段去研究它,并运用科技新成果去充实它、融合它。特别是利用先进技术研究传统工艺的成型原理,建立数学模型,并利用优化设计技术进行传统工艺方法的优化。

②先进制造技术特别强调计算机技术、信息技术和现代系统管理技术在产品设计、制造和生产组织管理等方面的应用。其中特别是以人为主体的、人、技术、管理三结合方面的应用。

③先进制造技术强调各专业、各学科之间的相互交叉、渗透和融合,淡化并逐步消除它们之间的界限。

④先进制造技术必须跳出传统的仅限于“制造过程本身”的框框,而要扩展到从产品市场调研、产品设计、工艺设计、加工制造、售前售后服务、回收等产品生命周期的所有内容,使它们的物料流、信息流、能量流通顺畅。

⑤先进制造技术是一个动态技术,不是一成不变的技术。它要不断吸收各种高新技术成果,并及时地将其渗透到产品的设计、制造、生产管理及市场营销的所有领域及全部过程,实现优质、高效、低消耗的生产。

⑥先进制造技术是面向 21 世纪的系统技术,它的目标很明确,就是提高制造业的综合经济效益、社会效益和环境生态效益。产品资源消耗最少,对环境污染要小,甚至为零;对人体的危害要最小,甚至为零。

可见,先进制造技术是制造业不断地吸收(微)电子、信息(计算机技术)、精密机械、新材料、新能源及现代管理等方面的最新科技成果,并将其综合应用于制造的全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,取得理想的技术经济效果的制造技术的总称。

先进制造技术是一个国家技术水平的综合体现,是制造业赖以生存和进步的总体技术,先进制造技术已成为一个国家命运的主宰。

三、先进制造技术对机械制造技术装备的要求

先进制造技术是制造业实现高性能产品设计、完成产品生产、保证产品质量、提高经济效益的基本手段和方法,是今后机械工业的重要基础技术。

任何科技发明、科研成果,从样品转化为社会化生产的商品,必须依靠先进制造技术才能实现。机械制造业作为国民经济的装备部门,对于促进先进制造技术水平的提高具有关键性的作用,是科技成果转化为基础。虽然先进制造技术的内涵十分广泛,且逐渐发展,然而,其中最主要的仍是机械制造技术。因为它是为先进制造技术提供装备的制造技术。这些装备包括毛坯成型设备、机器零件的各类表面的制造设备、制造零件时的工装以及制造过程中物料搬运和存储设备等。工欲善其事,必先利其器。很难想象,没有高性能、高质量的制造设备,能够制造出高质量的产品来!那么,具备什么样的条件才能够称得上是高质量、高性能的制造设备呢?一般地,应考虑下列几点。

①先进制造技术中的机械制造装备应该是机、电、液、光、信息等技术的有机融合体。但要注意尽可能采用经过生产实际考验过的、成熟的先进技术和先进元器件。

②先进制造技术中的机械制造技术装备必须满足它的静力学要求、运动学要求、动力学要求和热力学要求。静力学要求即在满足工作负荷的前提下,零部件应具有足够的强度和寿命;运动学要求,包括最低、最高速度(主运动),工作进给和快速进给,微量进给,行程范围等;动力学要求即应满足设备承受动态负荷的能力,使之不因振幅过大而造成损坏或刚度不足,同时应具有合理的惯量匹配,以适应负载变化;热力学要求,即应保证机器热源的合理布局 and 热场的合理分布。越是精密或高精度的设备,越应注意动力学问题和热力学问题以及微量进给的实现。驱动功率则应满足静力学、运动学、动力学的综合需要。

③先进制造技术中的机械制造技术装备要满足其精度和刚度要求,包括部件、组件的运动精度和相互位置精度。这里除提高制造精度(大部分是 10^{-2} mm,少数重要项目为 10^{-3} mm)外,还要选用精度相当的轴承。刚度问题则主要改善零件的结构设计,提高零件的静刚度以及注意其固有频率,改善阻尼特性,提高动刚度。采用高强度、轻质新型材料减轻

设备的体积和质量,并提高耐磨性和精度保持性。这里的机械制造技术装备要求应按工作母机考虑,这与一般机电产品是有区别的。

④先进制造技术中的机械制造技术装备,必须是高效的自动化设备。目前普遍采用的有自动上下料、自动装卸工件、自动交换刀具、自动检测、自动交换工件(工作台)等手段。组合机床采用多刀多面同时加工;加工中心采用在一次装夹中完成5面加工。这里应该强调,要根据整个制造过程(产量或生产纲领)对制造设备的生产率要求,采取合适的自动化手段。

⑤模块化、柔性化是对机械制造设备的必然要求。机械制造技术装备是一种固定资产投入,希望它一次投入后不致因产品的变化而很快就面临报废,即具有适应生产变化产品的能力(柔性)。同时为了缩短机械制造技术装备的制造周期,要采用模块化设计,即根据用户的不同要求,选择合适的功能模块,构成不同功能或相同功能但性能不同、规格不同的产品,有利于缩短设备的制造周期。当市场变化、产品变化时,能迅速将设备进行重组,投产新的产品。

⑥机械制造技术装备设计必须采用并行工程、优化设计和可靠性设计的方法,以确保产品优质低成本。所谓并行工程,就是集成地、并行地设计产品及其零部件和相关过程的一种系统方法。这种方法要求产品开发人员和其他人员协同工作,在设计一开始就考虑产品整个生命周期中从概念形成到产品报废处理的所有因素,包括质量、成本、进度计划和用户的要求。在设计当中人们还常以数学规划为理论基础,借助于计算机,从多个可行的方案中寻找“尽可能好”的或“最佳”的方案,实现优化设计。所谓可靠性设计就是在满足产品功能和成本要求的前提下,一切使产品可靠地运行的设计过程。它包括确定产品的可靠度、平均无故障工作时间,确定它的故障率,以及选择系统的结构及零件的尺寸、材料和其他技术要求等。

⑦机械制造技术装备应充分重视人机关系。人机关系是一个十分重要的问题,目前已形成人机学或宜人学。设备应操纵方便、省力、容易掌握,不易发生操作错误和故障。这样不仅能减少工人的疲劳,保证工人和制造设备的安全,还能提高生产率。防止设备对周围环境的污染,也是当前对机械制造设备设计和制造提出的一项重要要求。噪声要求低,不仅噪声声级要达到规定值以下,而且不能使人耳有强烈的不舒适感。渗漏油必须避免。如果采用油雾润滑,必须避免油雾逸散到周围环境中去,以防止对人体造成危害。整个设备造型要美观大方、色调和谐,使操作者感到是在一个舒适的环境中工作。

第一篇 切削加工技术装备

第一章 车 床

第一节 概 述

车床主要用于加工各种回转表面,如内外圆柱表面、圆锥表面、回转曲面和端面等,有些车床还能加工螺纹面。由于多数机器零件具有回转表面,车床的通用性又较广,因此,在机械制造厂中,车床的应用极为广泛,在金属切削机床中所占的比重最大,占机床总台数的20%~35%。

在车床上使用各种车刀,有些机床还可以采用各种孔加工的钻头、扩孔钻及铰刀和丝锥、板牙等。

车床的种类很多,按其结构和用途,主要可分为以下几类:①卧式车床和落地车床;②立式车床;③转塔车床;④单轴和多轴自动和半自动车床;⑤仿形车床和多刀车床;⑥数控车床和车削中心;⑦各种专门化车床,如凸轮轴车床、曲轴车床、车轮车床及铲齿车床等。此外,在大批大量生产的工厂中,还有各种各样的专用车床。在所有车床类机床中,卧式车床应用最广。卧式车床的主参数是最大加工直径,其次是加工长度。

一、工艺范围

卧式车床的工艺范围很广,能进行多种表面的加工:各种轴类、套类和盘类零件上的回转表面(如车削内外圆柱面、圆锥面、环槽及回转曲面)、端面、螺纹还可以进行钻孔、扩孔、铰孔和滚花等工作。普通车床所能加工的零件表面见图1.1-1。

卧式车床的通用性较大,但结构较复杂,而且自动化程度低,在加工形状比较复杂的工件时,换刀较麻烦,加工过程中的辅助时间较多,所以适用于单件、小批生产及修理车间等。

二、机床的布局

卧式车床主要是加工轴类零件和直径不太大的盘类零件,故采用卧式布局。为了适应右手操作的习惯,主轴箱布置在左上部。图1.1-2是卧式车床的外形图,主要组成部件及功用如下。

1. 主轴箱

主轴箱(headstock)1固定在床身4的左上部,内部装有主轴和变速传动机构。工件通过卡盘等夹具装夹在主轴前端。主轴箱的功用是支承主轴并把动力经变速机构传给主轴,使主轴带动工件按规定的转速旋转,以实现主运动。

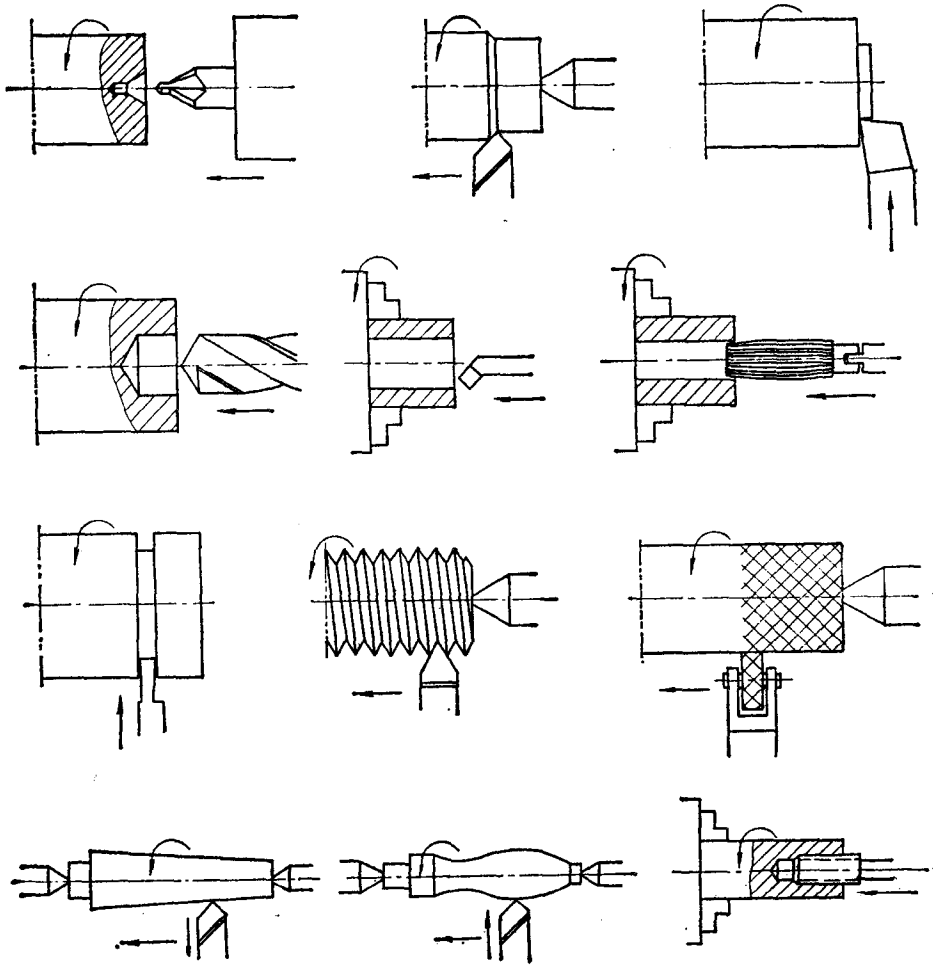


图 1.1-1 车削工艺范围

2. 刀架

刀架(tool slide)2 可沿床身 4 上的刀架导轨作纵向移动。刀架部件由几层组成,它的功用是装夹车刀,实现纵向、横向和斜向运动。

3. 尾座

尾座(tailstock)3 安装在床身 4 右端的尾座导轨上,可沿导轨纵向调整位置。它的功用是用后顶尖支承长工件,也可以安装钻头、铰刀等孔加工刀具进行孔加工。

4. 进给箱

进给箱(feed box)8 固定在床身 4 的左端前侧。进给箱内装有进给运动的变换机构,用于改变机动进给的进给量或所加工螺纹的导程。

5. 溜板箱

溜板箱(apron)6 与刀架 2 的最下层——纵向溜板相连,与刀架一起作纵向运动,功用是把进给箱传来的运动传递给刀架,使刀架实现纵向和横向进给,或快速运动,或车螺纹。溜板箱上装有各种操纵手柄和按钮。

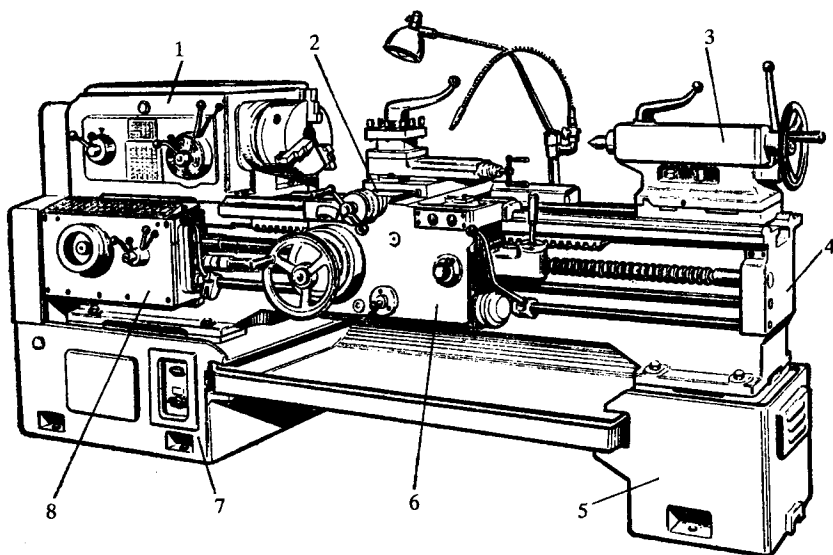


图 1.1-2 普通车床外形图

6. 床身

床身(bed)4 固定在左右床腿 7 和 5 上。在床身上安装着车床的各个主要部件,使它们在工作时保持准确的相对位置或运动轨迹。

第二节 车床的传动系统

机床的运动是通过传动系统实现的,为了认识和使用机床,必须对机床传动系统进行分析。CA6140 卧式车床的传动系统如图 1.1-3 所示。图中各传动元件用简单的规定符号代表。规定符号详见国家标准《机械制图(GB 4460—84)》中的机动示意图。图中各传动元件是按照运动传递的先后顺序,以展开图的形式画出来的。该图只表示传动关系,不表示各传动元件的实际尺寸和空间位置。

一、主运动传动链

主运动是车床上速度最高、消耗功率最大的运动。主运动传动链的两末端件是主电动机与主轴,它的功用是把动力源(电动机)的运动及动力传给主轴,使主轴带动工件旋转实现主运动,并满足卧式车床主轴变速和换向的要求。

1. 传动路线

主运动传动链由电动机(7.5 kW, 1 450 r/min)经过带轮传动副 $\phi 130 \text{ mm}/\phi 230 \text{ mm}$ 传至主轴箱中的轴 I。在轴 I 上装有双向多片摩擦离合器 M_1 ,使主轴正转、反转或停止。当压紧离合器左部的摩擦片时,轴 I 的运动经齿轮副 $\frac{56}{38}$ 或 $\frac{51}{43}$ 传给轴 II,使轴 II 获得 2 种转速。压紧右部摩擦片时,经齿轮 50、轴 VII 上的空套齿轮 34 传给轴 II 上的固定齿轮 30。这时轴 I 至轴 II 间多一个中间齿轮 34,故轴 II 的转向与经 M_1 左部传动时相反。反转转速只有 1 种。当离合器处于中间位置时,左、右摩擦片都没有被压紧,轴 I 运动不能传至轴 II,主轴停转。

轴 II 的运动可通过轴 II、III 间三对齿轮的任一对传至轴 III,故轴 III 正转共 $2 \times 3 = 6$ 种

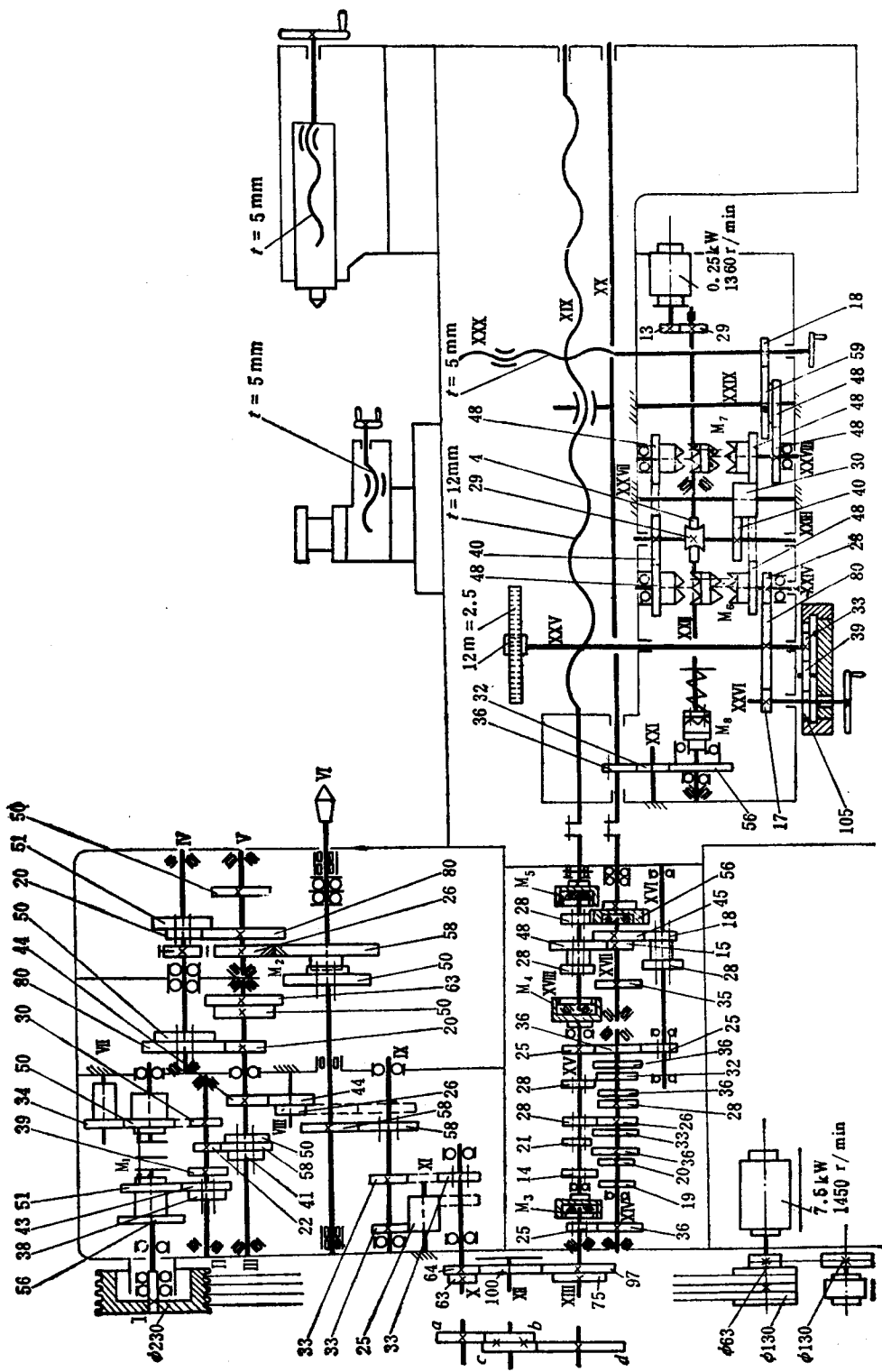


图 1.1-3 CA6140型普通车床传动系统

转速。

运动由轴Ⅲ传往主轴有 2 条路线。

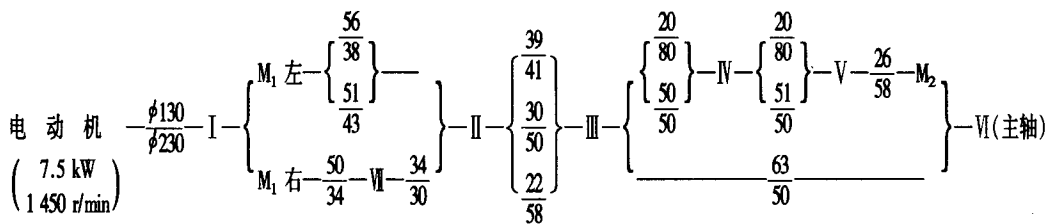
1) 高速传动路线

主轴上的滑移齿轮 50 向左移,使之与轴Ⅲ上右端的齿轮 63 啮合,运动由轴Ⅲ经齿轮副 $\frac{63}{50}$ 直接传给主轴,得到 450 ~ 1 400 r/min 的 6 种高转速。

2) 低速传动路线

主轴上的滑移齿轮 50 移至右端,使其与主轴上的齿式离合器 M_2 啮合。轴Ⅲ的运动经齿轮副 $\frac{20}{80}$ 或 $\frac{50}{50}$ 传给轴Ⅳ,又经齿轮副 $\frac{20}{80}$ 或 $\frac{51}{50}$ 传给轴Ⅴ,再经齿轮副 $\frac{26}{58}$ 和齿式离合器 M_2 传至主轴,使主轴获得 10 ~ 500 r/min 的低转速。

传动系统可用传动路线表达式表示如下:



2. 主轴转速级数和转速

由传动系统图和传动路线表达式可以看出,主轴正转时,可得 $2 \times 3 = 6$ 种高转速和 $2 \times 3 \times 2 \times 2 = 24$ 种低转速。轴Ⅲ—Ⅳ—Ⅴ 之间的 4 条传动路线的传动比为

$$i_1 = \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{16}$$

$$i_2 = \frac{20}{80} \times \frac{51}{50} \approx \frac{1}{4}$$

$$i_3 = \frac{50}{50} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{4}$$

$$i_4 = \frac{50}{50} \times \frac{51}{50} \approx 1$$

式中, i_2 和 i_3 基本相同,所以实际上只有三种不同的传动比。因此,运动经由低速这条传动路线时,主轴实际上只能得到 $2 \times 3 \times (2 \times 2 - 1) = 18$ 级转速。加上由高速路线传动获得的 6 级转速,主轴总共可获得 $2 \times 3 \times [1 + (2 \times 2 - 1)] = 24$ 级转速。

同理,主轴反转时,有 $3 \times [1 + (2 \times 2 - 1)] = 12$ 级转速。

主轴的各级转速,可根据各级滑移齿轮的啮合状态求得。如图 1.1-3 中所示的啮合位置时,主轴的转速

$$n_{\pm} = 1450 \times \frac{130}{230} \times \frac{51}{43} \times \frac{22}{58} \times \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} \times \frac{26}{58} \text{ r/min} \approx 10 \text{ r/min}$$

同理,可以计算出主轴正转时的 24 级转速为 10 ~ 1 400 r/min; 反转时的 12 级转速为 10 ~ 1 580 r/min。主轴反转通常不是用于切削,而是用于车削螺纹,切削完一刀后车刀沿螺旋线退回,所以转速较高以缩短辅助时间。

二、进给运动传动链

进给运动是维持切削连续进行下去的运动。进给运动传动链是实现刀具纵向或横向移

动的传动链。在切削圆柱面和端面时,进给传动链是外联系传动链。进给量也以工件每转刀架的移动量计。卧式车床在车削螺纹时,进给传动链是内联系传动链。主轴每转刀架的移动量应等于加工螺纹的导程。因此,在分析进给运动传动链时,都把主轴和刀架当作传动链的两末端件。

运动从主轴 VI 开始,经轴 IX 传至轴 X。轴 IX ~ X 可经一对齿轮,也可经轴 XI 上的惰轮(这是进给换向机构),然后,经挂轮架至进给箱。从进给箱传出的运动,一条路线经丝杠 XIX 和溜板箱带动刀架作纵向运动,这是车削螺纹传动链;另一条路线经光杠 XX 和溜板箱带动刀架作纵向或横向的机动进给,这是进给传动链。

进给运动传动链的传动路线表达式见下页。

1. 车削螺纹

CA6140 型车床可车削公制、英制、模数制和径节制 4 种标准的常用螺纹;还可以车削大导程、非标准和较精密的螺纹;既可以车削右旋螺纹,也可以车削左旋螺纹。为车削上述各种螺纹,当主轴带着工件旋转 1 转时,此运动进给系统传递和丝杆螺母转换后,带动刀架上的刀具移动 1 个被加工螺纹的导程。其运动平衡式为

$$t_{1(\text{主轴})} i_{11} = S$$

式中 i ——从主轴到丝杠之间的总传动比;

t_1 ——机床丝杠的导程,CA6140 型车床的 $t_1 = 12 \text{ mm}$;

S ——被加工螺纹的导程(mm)。

改变传动比 i ,就可以得到这 4 种标准螺纹的任意一种。

1) 公制螺纹

公制螺纹导程的国家标准见表 1.1-1。

表 1.1-1 标准公制螺纹导程

(mm)

螺纹的导程 基本组的传动比	增倍组的传动比 $i_{\text{倍}1} = \frac{18}{45} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{8}$	$i_{\text{倍}2} = \frac{28}{35} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{4}$	$i_{\text{倍}3} = \frac{18}{45} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{2}$	$i_{\text{倍}4} = \frac{28}{35} \times \frac{35}{28} = 1$
$i_{\text{基}1} = \frac{26}{28} = \frac{6.5}{7}$				
$i_{\text{基}2} = \frac{28}{28} = \frac{7}{7}$		1.75	3.5	7
$i_{\text{基}3} = \frac{32}{28} = \frac{8}{7}$	1	2	4	8
$i_{\text{基}4} = \frac{36}{28} = \frac{9}{7}$		2.25	4.5	9
$i_{\text{基}5} = \frac{19}{14} = \frac{9.5}{7}$				
$i_{\text{基}6} = \frac{20}{14} = \frac{10}{7}$	1.25	2.5	5	10
$i_{\text{基}7} = \frac{33}{21} = \frac{11}{7}$			5.5	11
$i_{\text{基}8} = \frac{36}{21} = \frac{12}{7}$	1.5	3	6	12

可以看出,表中的每一列都是按等差数列排列的,行与行之间成倍数关系。

车削公制螺纹时,进给箱中的离合器 M_3 和 M_4 脱开, M_5 结合。挂轮架齿数为 63、100、75。运动进入进给箱后,经转换机构的齿轮副 25/36 传至轴 XIV,再经过双轴滑移变速机构的