

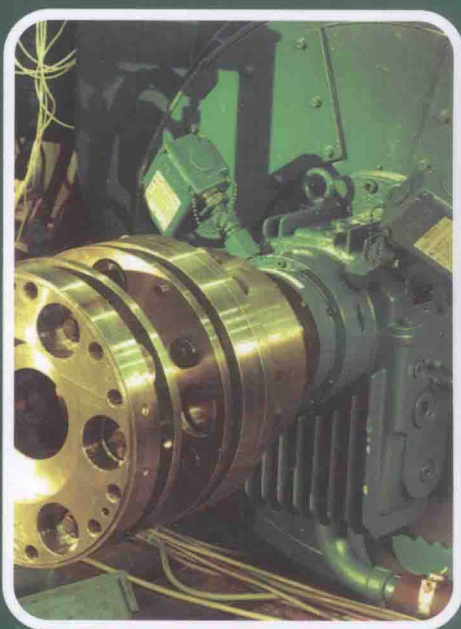


全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

丛书顾问 ▶ 李培根 林萍华

机械制造装备设计

蔡安江 张建 张永贵 ▶ 主编
董继先 ▶ 主审



JIXIE ZHIZHAO
ZHUANGBEI SHEJI



MECHANICAL MANUFACTURING EQUIPMENT DESIGN



JIXIELEI * SHIERWU



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系

机械制造装备设计

主 编	蔡安江	张 建	张永贵
副主编	阮晓光	张 健	
参 编	薄相峰	李 玲	邹律龙
	杨建军	徐 强	
主 审	董继先		

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书是根据教育部机械工程类专业教学指导委员会制订的指导性专业培养计划的精神与要求,总结课程教学体系改革与实践的成果,遵循人才培养规律而编写的。

本书阐述了机械制造装备的加工装备、物流装备等方面的基本理论、基础知识和基本方法。全书共分6章,主要内容包括:机械制造装备概论,金属切削机床设计,机床夹具设计,金属切削刀具设计,物流系统设计,自动化制造系统总体设计。各章均附有习题。全书力求内容精练,体系完整,重点突出,实例丰富,便于教学和自学。全书采用最新国家标准与术语。

本书可作为高等学校机械工程类及相关专业本、专科生的教材和研究生的教学参考书,也可供相关工程技术人员和工厂管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造装备设计/蔡安江,张建,张永贵主编. —武汉:华中科技大学出版社,2014.11
ISBN 978-7-5680-0543-2

I. ①机… II. ①蔡… ②张… ③张… III. ①机械制造-工艺装备-设计-高等学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 275392 号

机械制造装备设计

蔡安江 张 建 张永贵 主编

策划编辑:严育才

责任编辑:姚 幸

封面设计:范翠璇

责任校对:邹 东

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:17

字 数:446 千字

版 次:2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:34.80 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

编审委员会

顾问：李培根 华中科技大学

林萍华 华中科技大学

主任：吴昌林 华中科技大学

副主任：（按姓氏笔画顺序排列）

王生武 邓效忠 轧 钢 庄哲峰 吴 波 何岭松

陈 炜 杨家军 杨 萍 竺志超 高中庸 谢 军

委员：（排名不分先后）

许良元 程荣龙 曹建国 郭克希 朱贤华 贾卫平

丁晓非 张生芳 董 欣 庄哲峰 蔡业彬 许泽银

许德璋 叶大鹏 李耀刚 耿 铁 邓效忠 宫爱红

成经平 刘 政 王连弟 张庐陵 张建国 郭润兰

张永贵 胡世军 汪建新 李 岚 杨术明 杨树川

李长河 马晓丽 刘小健 汤学华 孙恒五 聂秋根

赵 坚 马 光 梅顺齐 蔡安江 刘俊卿 龚曙光

吴凤和 李 忠 罗国富 张 鹏 张鬲君 柴保明

孙 未 何 庆 李 理 孙文磊 李文星 杨咸启

秘 书：

俞道凯 万亚军

前 言

本书是根据全国机械类专业教学指导委员会制订的指导性专业培养计划的精神与要求,以深入实施“卓越工程师教育培养计划”,有利于建立与企业联合的人才培养机制,提高学生能力与素质为核心的人才培养模式为指导,注重培养学生工程意识、工程技术能力和工程实践能力,注重反映学科理论与技术的新知识、新技术、新结构、新元件和新成果,总结课程教学体系改革与实践的成果,遵循专业人才培养规律而编写的。

本书综合了机械制造装备的加工装备、物流装备等方面的基本理论、基础知识和基本方法,课程内容进一步强化整合,贯彻“少而精”的原则,力求突出整体、系统和发展,以机械制造装备设计方法为主线,以总体设计、运动设计和结构设计为重点,注重基础理论的阐述,保留普通机械装备设计理论的精华,注重先进设计手段的应用,注重反映学科理论与技术的新知识、新技术、新结构、新元件和新成果及多学科间的知识交叉与渗透的内容;突出课程的综合性、实践性与工程性,注重培养学生的工程意识、工程技术能力和工程实践能力。书中采用了最新国家标准的计量单位、名词术语和材料牌号等。

本书由西安建筑科技大学蔡安江、广东海洋大学张建、兰州理工大学张永贵担任主编,西安建筑科技大学阮晓光、长江师范学院张健担任副主编。参加本书编写的还有:西安建筑科技大学薄相峰、李玲,广东海洋大学邹律龙,兰州理工大学杨建军和合肥学院徐强。蔡安江、阮晓光负责全书的统编定稿。陕西科技大学董继先担任主审。编写分工为:西安建筑科技大学蔡安江(第1章),阮晓光(5.1节、5.2节),薄相峰(5.3节至5.5节),李玲(第6章);广东海洋大学张建(3.1节、3.5节、3.6节)、邹律龙(第4章);兰州理工大学张永贵(2.7节至2.10节)、杨建军(2.3节至2.6节);长江师范学院张健(3.2节至3.4节);合肥学院徐强(2.1节、2.2节)。

在本书的编写过程中,参考并选用了近几年国内出版的相关教材、论著和手册,也得到了西安建筑科技大学教材建设项目的资助,在此表示衷心的感谢!

由于作者的水平和经验有限,书中的不足之处在所难免,敬请广大读者和同行批评指正。

编 者

2014年03月

目 录

第 1 章 机械制造装备概论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 机械制造装备的组成	(2)
1.3 机械制造装备的设计	(3)
习题与思考题	(7)
第 2 章 金属切削机床设计	(8)
2.1 概述	(8)
2.2 机床设计理论基础	(11)
2.3 金属切削机床总体设计	(21)
2.4 主运动系统设计	(34)
2.5 主轴组件设计	(49)
2.6 进给运动系统设计	(73)
2.7 支承件设计	(81)
2.8 导轨设计	(90)
2.9 机床自动换刀装置和回转工作台	(102)
2.10 机床的控制	(121)
习题与思考题	(124)
第 3 章 机床夹具设计	(126)
3.1 概述	(126)
3.2 定位元件设计	(133)
3.3 夹紧装置设计	(140)
3.4 其他装置设计	(148)
3.5 机床夹具设计方法	(151)
3.6 典型机床夹具	(154)
习题与思考题	(185)
第 4 章 金属切削刀具设计	(188)
4.1 概述	(188)
4.2 机夹可转位车刀设计	(190)
4.3 成形车刀设计	(196)
4.4 拉刀设计	(202)
4.5 数控工具系统	(207)
习题与思考题	(209)
第 5 章 物流系统设计	(210)
5.1 概述	(210)
5.2 物流系统的总体设计	(214)

5.3	机床上、下料装置的设计·····	(219)
5.4	机床间工件输送装置的设计·····	(230)
5.5	自动化仓库设计·····	(239)
	习题与思考题·····	(250)
第6章	自动化制造系统总体设计·····	(251)
6.1	自动化制造系统及其分类·····	(251)
6.2	自动线的总体设计·····	(253)
6.3	柔性制造系统·····	(258)
	习题与思考题·····	(264)
	参考文献·····	(265)

第 1 章 机械制造装备概论

1.1 概 述

1.1.1 机械制造装备的地位与作用

机械制造业是制造机械产品的工业部门,也是国民经济的装备部,在国民经济中具有十分重要的地位和作用。机械制造业的生产能力和发展水平标志着一个国家或地区国民经济现代化的程度。机械制造业的生产能力和制造水平主要取决于机械制造装备的先进程度。装备制造业是一个国家综合制造能力的集中体现,重大装备研制能力是衡量一个国家工业化水平和综合国力的重要标志。

作为一个国家制造业的核心部分,机械制造装备是一个国家整个工业的基础,对其他产业提供了基础和应用平台,在整个工业体系中具有极高的带动效应,在国民经济发展中发挥着其他产业无法替代的主导作用。作为工业经济基础的装备制造业水平不仅是国家工业体系发展的基石,还是增强国家产业竞争力的重要基础,并逐步成为决定国家在经济全球化进程中国际竞争能力的关键因素。近几十年来,先进的装备制造业技术的不断创新,创造出更先进的生产方式和更高的生产效率,而且也持续对传统的制造业模式进行着改造,同时也在不断提高国家工业体系的生产力水平。历史的经验和现实已经表明,未来也将继续证明,发达的装备制造业体系是国家经济现代化的重要标志,也是国际竞争力的有力武器。

因此,机械制造装备是国民经济的支柱产业,也是带动经济增长的基础性产业,是吸纳劳动力的重要载体,是推进传统产业升级的有效手段,是科技成果转化的重要通道路径,是国家经济安全和国防安全的重要保障。

1.1.2 机械制造装备的功能

机械制造装备除应具备基本功能要求外,目前更强调自动化、精密化、柔性化,符合工业工程和绿色工程的要求。

1. 基本功能要求

1) 加工精度

满足加工精度是机械制造装备最基本的要求。影响加工精度的因素很多,与机械制造装备本身有关的因素有其几何精度、传动精度、运动精度、定位精度和低速运动平稳性等。

2) 强度、刚度与抗振性

机械制造装备应具有足够的强度、刚度和抗振性,以便提高加工效率。提高强度、刚度和抗振性,主要是利用新技术、新工艺、新结构和新材料,对装备的主要零件和整体结构进行优化设计,在不增加或少增加质量的前提下,使强度、刚度和抗振性满足规定的要求。

3) 加工稳定性

机械制造装备应具有加工稳定性,尤其是自动化程度较高的机械制造装备就更为重要。

影响加工稳定性的因素主要是机械制造装备在使用过程中,受到切削热、摩擦热、环境热等的影响而产生热变形等。提高加工稳定性的措施是减少热量,散热和隔热,均热,热补偿,控制环境温度等。

4) 耐用度

机械制造装备应具有一定的耐用度来保证其使用,尤其对于加工精度要求很高的机械制造装备就更为重要。提高耐用度主要从设计、工艺、材料、热处理和使用等多方面综合考虑,如减少磨损、均匀磨损、磨损补偿等。

5) 技术经济

机械制造装备应具有良好的技术经济性,以降低产品的成本,增强产品的市场竞争力。不能一味追求机械制造装备的技术先进程度,加大投入,而应进行技术经济全面分析,确定机械制造装备的设计与选购。

2. 自动化

机械制造装备实现自动化可以提高产品质量的稳定性、加工效率和改善劳动条件等。自动化有全自动和半自动之分:全自动是指能自动完成工件的上料、加工和卸料的生产全过程;半自动则需人工完成上、下料。实现机械制造装备自动化的方法主要有凸轮控制、程序控制、数字控制和适应控制(约束适应控制、最佳适应控制和学习适应控制)等。

3. 精密化

机械制造装备的精密化已成为普遍发展的趋势,从微米级发展到亚微米级,乃至纳米级,以适应产品制造精度与技术性能日益提高的要求。实现机械制造装备精密化的方法是采用误差补偿技术。误差补偿技术主要有机械式(如提高丝杠或分度蜗轮的精度采用的校正尺或校正凸轮)和数字化技术。

4. 柔性化

机械制造装备的柔性化是未来发展的必然要求。实现机械制造装备的柔性化,除采用柔性制造单元或系统实现混流加工外,还可以组合机床及其组成的生产线,完成批量较大、工艺要求较高的工件加工。其柔性表现在机床可进行调整(如采用备用主轴、位置可调主轴、工夹具量具成组化、工作程序软件化和部分动作实现数控化等)。

5. 符合工业工程要求

机械制造装备符合工业工程的要求已成为目前发展的趋势,其体现在产品设计与制造方面主要是:选择最合理的制造设备,减少工时和材料的消耗;合理地进行机械制造装备的总体布局,优化操作步骤和方法,减少操作过程中工人的体力消耗;对市场和消费者进行调研,保证产品合理的质量标准;等等。

6. 符合绿色工程要求

机械制造装备符合绿色工程的要求是实现可持续制造战略的要求。

1.2 机械制造装备的组成

机械制造装备由加工设备、工艺装备、仓储传送装备和辅助装备等四大部分组成。

1. 加工设备

加工设备是指采用机械制造方法制作机器零件的机床。机床种类很多,主要有金属切削机床、锻压机床、铸造设备、焊接设备和特种加工机床等。

金属切削机床按其加工原理,可分为车床、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、切断机床和其他机床(如锯床、键槽加工机床、珩磨研磨机床)等12类;按其使用范围,可分为通用机床、专用机床和专门化机床。锻压机床属无屑加工设备,主要包括锻造机、冲压機、挤压机和轧制机四大类。特种加工机床按其加工原理,可分成电加工、超声波加工、激光加工、电子束加工、离子束加工、水射流加工机床等。

2. 工艺装备

工艺装备通常是指机械制造中所用的刀具、模具、机床夹具、量具、工具等的总称,简称为工装。它是保证产品制造质量、贯彻工艺规程、提高生产效率的重要装备。

刀具种类很多,主要有车刀、刨刀、铣刀、钻头、丝锥、齿轮刀具等,其大部分已标准化,由刀具制造厂大批量生产。模具按填充方法和填充材料的不同,主要有粉末冶金模具、塑料模具、压铸模具、冷冲模具、锻压模具等。夹具按其安装所用机床可分为车床夹具、铣床夹具、刨床夹具、钻床夹具、镗床夹具、磨床夹具等,按其专用化程度可分为专用夹具、成组夹具和组合夹具等。量具许多已商品化,如千分尺、百分表、量块和组合测量仪等,大部分不必重新设计与制造。

3. 仓储传送装备

仓储传送装备主要包括各级仓储、物料传送、机床上、下料等设备。

仓储用于储存原材料、外购器材、半成品、成品、工具、胎夹模具等。现代化的仓储系统(立体仓库)一般具有较高的机械化程度,采用计算机进行库存管理,提高工作效率,配合生产管理信息系统,控制合理的库存量。物料传送主要指坯料、半成品或成品在车间内工作中心间的传输,采用的传送方法有各种传送装置和自动运载小车等。

4. 辅助装备

辅助装备包括清洗剂、排屑装置和计量装置等。

清洗机是用来清洗工件表面尘屑油污的机械设备。所有零件在装配前均需经过清洗,以保证装配质量和使用寿命。清洗液常用3%~10%的苏打或氢氧化钠水溶液,加热到80~90℃,采用浸洗、喷洗、气相清洗和超声波清洗等方法。在自动装配线中,采用分槽多步式清洗生产线,完成工件的自动清洗。排屑装置用于自动机床或自动线上,从加工区域将切屑清除,传送到机外或线外的集屑器内。清除切屑的装置常用离心力、压缩空气、电磁或真空、切削液冲刷等方法;输屑装置则有带式、螺旋式和刮板式多种。

1.3 机械制造装备的设计

1.3.1 机械制造装备的类型

机械制造装备设计一般分为创新设计、变型设计和模块化设计三大类型。

1. 创新设计

创新设计主要是指用开发具有高技术附加值的新产品,来改善产品的功能、技术性能和质量,降低生产成本和能源消耗,提高产品的竞争能力。

创新设计通常应从市场调研和预测开始,明确产品的创新设计任务,经过产品规划、方案设计、技术设计和工艺设计等四个阶段,并通过产品试制试验和产品小批试生产来验证新产品的技术可行性及制造工艺和工艺装备的可行性。创新设计一般需要较长的设计开发周期,投

人较大的研制开发工作量。

2. 变型设计

变型设计主要分为适应型设计和变参数型设计。它们都是在原有产品基础上,基本工作原理和总体结构保持不变,适应型设计是通过改变或更换部分部件或结构,变参数型设计是通过改变部分尺寸与性能参数,形成所谓的变型产品,以扩大使用范围,满足更广泛的用户需求。

变型设计一般是在原有产品的基础上,按照一定的规律演变出各种不同的规格参数、布局和附件的产品,扩大原有产品的性能和功能,形成一个产品系列。作为变型设计依据的原有产品,通常是采用创新设计方法来完成的。产品在创新设计时应考虑变型设计的可能性,遵循系列化设计的原理,将创新设计和变型设计两者进行统筹规划。即原有产品的设计是作为系列化产品中的所谓的“基型产品”来精心设计,变型产品是在系列型谱的范围内有依据地进行设计。

3. 模块化设计

模块化设计是在对一定范围内不同性能、不同规格的产品进行功能分析的基础上,划分并设计出一系列功能模块,通过这些模块的组合,构成不同类型或相同类型不同性能的组合产品,以满足市场的多方面需求。组合产品是系列产品的进一步细化,组合产品中的模块也应按系列化设计的原理进行。

机械制造装备产品中大多数属于变型产品和组合产品,但创新设计在机械制造装备产品设计中具有十分重要的意义。采用创新设计才能不断推出新产品,是企业赢得市场竞争优势的必要条件;变型设计和模块化设计是在基型和模块系统的基础上进行的,而基型和模块系统一定是采用创新设计来完成的。

1.3.2 机械制造装备的设计方法

1. 机械制造装备的设计步骤

机械制造装备的设计步骤随设计类型不同而不同。创新设计的步骤可划分为产品规划、方案设计、技术设计和工艺设计等四个阶段。

1) 产品规划阶段

产品设计前必须进行产品规划,确定新产品的功能、技术性能和开发的日程表,保证符合市场需求的产品能及时,或适当超前地研制出来,投放市场,以减少产品开发的盲目性。

产品规划阶段的任务是明确设计任务,识别产品需求,进行可行性分析,制订设计技术任务书。产品规划阶段的主要工作有需求分析(销售市场和原材料市场)、调查研究(市场调研、技术调研和社会环境调研)、定性预测(走访调查、查资料、抽样调查、类比调查、专家调查等)与定量预测(时间序列回归法、因果关系回归法、产品寿命周期法等)、可行性分析(技术分析、经济分析和社会分析)和编制设计任务书(产品选型,确定最佳设计方针)。

在产品规划阶段将综合运用技术预测、市场学、信息学等理论和方法来解决设计中出现的问题。

2) 方案设计阶段

方案设计是根据设计任务书的要求,进行产品功能原理的设计,其直接影响产品的结构、性能、工艺、成本和产品的技术水平及竞争能力。

方案设计阶段的主要工作有设计任务的抽象、建立功能结构、寻求原理解与求解方法、形成初步设计方案和对初步设计方案的评价与筛选等内容。

设计任务进行抽象就是对设计任务的再认识,从众多应满足的要求中,通过功能关系和与任务相关的主要约束条件的分析,找出具有本质性的和主要的要求,即抓住主要要求,兼顾次要要求,并进一步找出主要要求的最优解。

建立功能结构就是通过对设计任务的抽象,明确设计产品的总功能,并将总功能逐级分解形成明确的、简单的、相互联系的分功能,如图 1.1 所示。

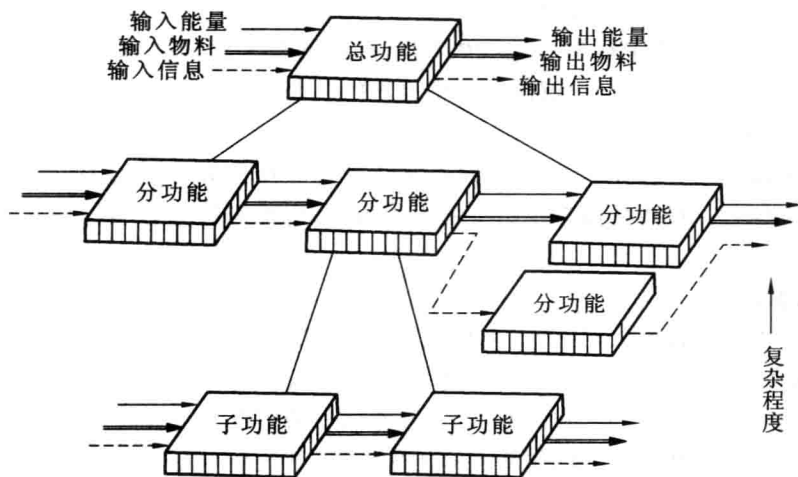


图 1.1 功能结构图

功能间主要存在着串联结构、并联结构和环形结构三种基本结构形式联系,如图 1.2 所示。

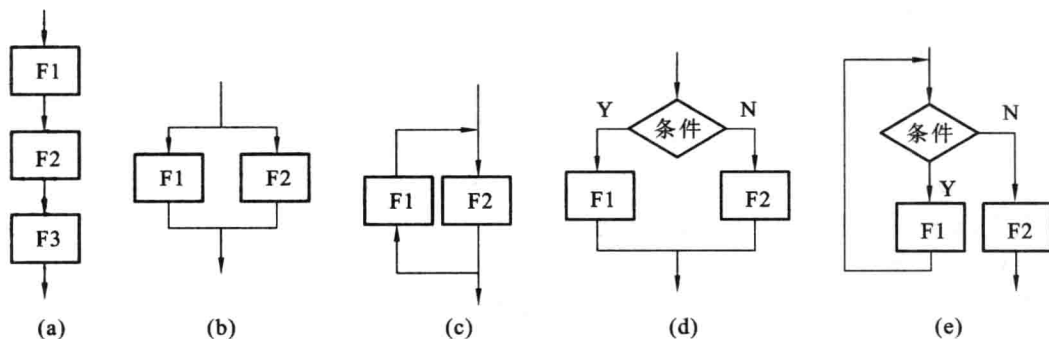


图 1.2 功能的基本结构形式

(a) 顺序结构 (b) 并联结构 (c) 环形(循环)结构 (d) 有选择的并联结构 (e) 有选择进行反馈的循环结构

寻求原理解与求解方法能实现某种功能的工作原理,以及实现该工作原理的技术手段和结构原理。

初步设计方案的形成是指将所有分功能的原理解结合起来,形成和实现总功能。只有采用合适的结合方法,才能获得理想的初步设计方案。常用的结合方法有系统结合法(按功能结构的树状结构,根据逻辑关系把原理解结合起来)和数学方法结合法(应用逻辑推理、图论和布尔代数等,将可能结合出合适的初步设计方案,并从中优选出较好的方案)。

方案设计阶段应创新思维,引入新原理和新技术,综合运用系统工程学、图论、形态学、创造学、思维心理学、决策论等理论和方法,将系统总功能分解为分功能,通过各种方法,探索多

种方案,求得各分功能的多个解,组合分功能的解或直接求得多个系统原理解,在此基础上通过评价和优化筛选,求得最佳的原理解。

3) 技术设计阶段

技术设计阶段是指将初步设计方案具体化,确定结构原理方案;进行总体技术方案设计,确定主要技术参数,布局;进行结构设计,初选主要零件的材料和工艺方案,进行各种必要的性能计算或模型试验来检验和改善设计;通过技术经济分析选择较优的设计方案。在该阶段将综合运用系统工程学、价值工程学、力学、摩擦学、机械制造工程学、优化理论、可靠性理论、人机工程学、工业美学、相似理论等,解决设计中出现的各种问题。

4) 工艺设计阶段

工艺设计阶段是指进行零件工作图设计、完善部件装配图和总装配图,进行商品化设计,编制各类技术文档等。在该阶段将广泛运用工程图学、机械制造工艺学等理论和方法来解决设计中出现的问题。

2. 系列化设计

系列化设计方法是在设计的某一类产品中,选择功能、结构和尺寸等方面较典型的产品为基型,运用结构典型化和零部件通用化、标准化的原则,设计出其他各种尺寸参数的产品,构成产品的基型系列。在产品基型系列的基础上,同样运用结构典型化和零部件通用化、标准化的原则,派生出不同用途的变型产品,构成产品派生系列,并编制反映基型系列和派生系列关系的产品系列型谱。在产品系列型谱中,各规格产品应有相同的功能结构和相似的结构形式;同一类型的零部件在规格不同的产品中具有完全相同的功能结构;不同规格的产品的同一种参数按一定规律(通常按等比级数)变化。

系列化设计具有以下优点。

(1) 可以用较少品种规格的产品满足市场较大范围的需求,有利于降低生产成本,提高产品制造质量的稳定性。

(2) 可以大大减少设计工作量,提高设计质量,减少产品开发的风险,缩短产品的研制周期。

(3) 可以压缩工艺装备的数量、种类和零备件的种类,有利于缩短产品的研制周期,降低生产成本,并且便于进行产品维修,改善售后服务质量。

(4) 为开展变型设计提供技术基础。

系列化设计是产品设计合理化的一条途径,是提高产品质量、降低成本、开发变型产品的重要途径之一。

3. 模块化设计

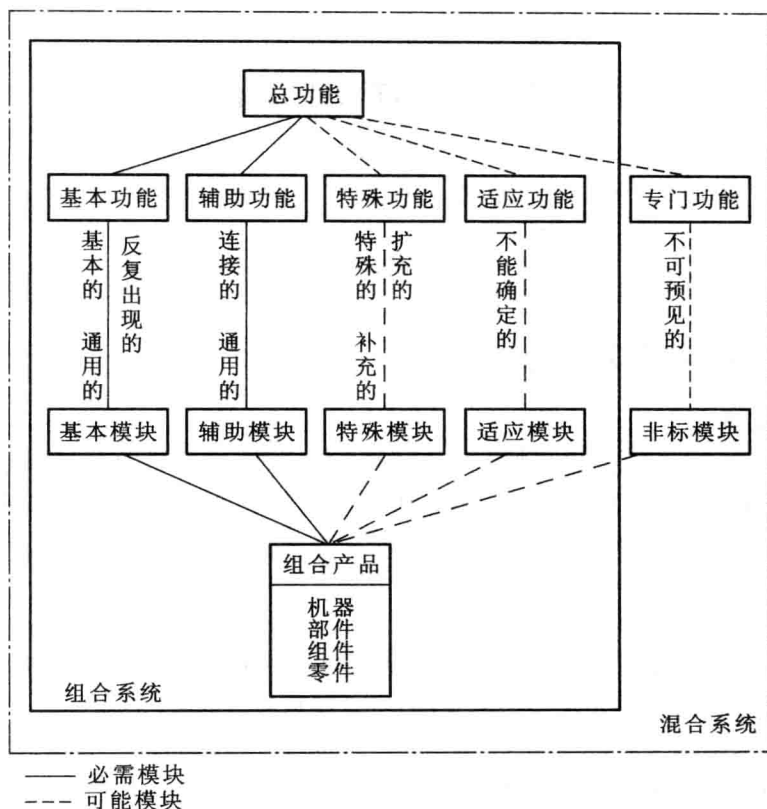
模块化设计是在开发多种不同功能结构,或相同功能结构而性能不同的产品时,精心设计出一批模块,将这些模块(见图 1.3)经过不同的组合来构造具有不同功能结构和性能的多种产品。这类模块是具有一定功能的零件、组件或部件,模块的结构与外形设计要考虑不同模块组合时的协调性,模块上具有特定的连接表面和连接方法,以保证相互组合的互换性和精确度。

系列化设计具有以下优点。

(1) 可以应用新技术设计出性能更好的模块,提高产品的性能,组合出功能更完善、性能更先进的组合产品,加快产品的更新换代。

(2) 可以快速满足客户的特殊要求,缩短设计和供货周期,并且方便维修,对生产影响少。

(3) 可以将单件、小批生产变为大批、大量生产,有利于采用成组加工等先进工艺,有利于



组织专业化生产,提高质量,降低成本,推动整个企业技术、生产、管理和组织体制的改革。

模块化设计是提高产品质量、降低成本、加快设计进度、进行组合设计的重要途径。模块也应适用系列化设计原理,即每类模块具有多种规格,其规格参数按一定的规律变化,而功能结构则完全相同,不同模块中的零部件尽可能标准化和通用化。

习题与思考题

1. 如何理解机械制造装备在国民经济发展中的重要作用?
2. 对机械制造装备进行现代化改造的主要内容是什么?
3. 设计机械制造装备时如何体现工业工程和绿色工程的要求?
4. 简述机械制造装备的组成及其工艺装备在产品制造中的重要性。
5. 机械制造装备设计有哪些类型? 它们之间有什么区别?
6. 在机械制造装备设计时,为什么要重视需求分析和可行性论证?
7. 在机械制造装备设计中,哪些宜采用系列化设计,哪些宜采用模块化设计?

第2章 金属切削机床设计

2.1 概述

2.1.1 机床的分类及其功能设计

1. 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分类。根据我国制订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、锯床及其他机床。在每一类机床中,又按工艺范围、布局形式和结构等,分为10个组,每一组又分为若干系(系列)。

按照使用范围,机床可分为:通用机床、专门化机床、专用机床。

同类型机床按工作精度又可以分为: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、半自动和自动机床。

机床还可以按重量与尺寸分为:仪表机床、中型机床(一般机床)、大型机床(重达10 t)、重型机床(大于30 t)和超重型机床(大于100 t)。

按机床主要工作部件的数目,还可以分为单轴、多轴或单刀、多刀机床等。

随着机床向数控化方向发展,分类方法也将不断发展。数控机床的功能日趋多样化,工序更加集中。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、自动化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,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,而是趋向综合。

2. 各类机床的主要功能及其设计要点

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、回转曲面及端面等,有些车床还能加工螺纹。车床必须实现主轴回转运动和直线进给运动才能完成上述功能。

铣床是用铣刀进行切削加工的机床。在铣床上用不同铣刀可以对平面、斜面、沟槽、台阶、T形槽、燕尾槽等进行加工,另外,配上分度头或回转台还可以加工齿轮、螺旋面、花键轴、凸轮等各种成形表面。铣床的主轴带动铣刀做旋转主运动,多数铣床由工作台带动工件做直线进给运动。

钻床和镗床都是孔加工机床,主要用于加工外形复杂、没有对称回转轴线工件上的孔,如箱体、支架、杠杆等零件上的单孔或孔系。在钻床上加工时,工件一般固定不动,刀具既做旋转主运动,同时沿轴线做进给运动。钻床可完成钻孔、扩孔、铰孔、铰孔及攻螺纹等工作。

镗床是一种主要用镗刀在工件上加工孔的机床,特别是分布在不同表面上、孔距和位置精度要求较高的孔,如各种箱体、汽车发动机缸体等零件上的孔。一般镗刀旋转为主运动,镗刀

或工件的移动为进给运动。

齿轮加工机床是加工齿面的机床,其种类较多,加工方式也各不相同,但按齿形加工原理来分只有成形法和展成法两种。成形法加工精度和生产率都较低,仅在单件小批量生产中采用。而展成法加工精度和生产率都很高,其是模仿两齿轮啮合运动而实现的。目前,绝大多数机床都采用展成法。以滚齿机为例,滚刀的旋转为主运动,以内联系传动链强制刀具与工件做严格啮合运动,同时,滚刀再沿工件轴线平行的方向做轴向进给运动,即可加工出整个齿廓。

用磨料、模具(砂轮、砂带、油石、研磨料)为工具对工件进行切削加工的机床统称为磨床。磨床通常用作精加工,工艺范围非常广泛,平面、内外圆柱面和圆锥面、螺纹表面、齿轮的成形面,都可以用相应的磨床加工;对淬硬的零件和高硬度材料制品,磨床是主要的加工设备。一般砂轮的旋转为主运动,工件的移动或转动为进给运动。

组合机床是根据特定工件的加工要求,以系列化、标准化的通用部件为基础,配以少量的专用部件所组成的专用机床。组合机床的工艺范围主要包括平面加工和孔加工,组合机床适合于加工箱体类零件,这些零件的加工表面主要是孔和平面,几乎都可以在组合机床上完成。组合机床的主运动主轴上刀具做旋转运动,同时刀具或工件做直线进给运动。

数控机床是综合应用自动控制、精密测量和机械设计等领域的先进技术发展起来的一种新型自动化机床。其主运动采用无级调速,而直线进给运动则是利用伺服系统来完成。

从上述机床的功能特点来看,一般机床的主运动为旋转运动,而进给运动则为直线运动。对于主运动系统,机床的主轴有足够的转速范围和转速级数(对于主运动为直线运动的机床,则有足够的每分钟行程范围及变速级数),且旋转精度高。主电动机和传动结构能够提供和传递足够的功率和转矩,主传动所有的零部件要有足够的刚度、精度和抗振性,热变形稳定,经济性好,且易于维修。而对于进给运动系统,则应具有足够的静刚度和动刚度,具有良好的快速响应性,做低速进给运动或微量进给时不爬行,运动平稳,灵敏度高,抗振性好,有足够的调速范围,能保证实现所要求的进给量。同时,要求传动精度,定位精度高,结构简单,维修方便。

2.1.2 机床设计的基本要求

1. 工艺范围

机床的工艺范围是指机床适应不同生产要求的能力,也可以称为机床的加工功能。机床应满足一定的加工作业要求,包括加工作业功能(能干什么)和加工作业空间(尺寸范围)。机床的加工作业功能要求将决定其运动功能,加工作业空间要求将决定其运动行程范围。机床工艺范围一般包括可加工的工件类型,加工方法,加工表面形状,材料,工件和加工尺寸范围,毛坯类型等。

机床的工艺范围主要取决于其用于哪种生产模式。如使用于单机生产模式,工序集中,要求机床具有较宽的加工范围,对加工效率和自动化程度的要求相对低一些。如使用于多品种小批量自动化生产系统模式,要求机床能适应多种工件的加工,具有一定的工艺范围、较高的加工效率和自动化程度。如适用于大批量生产模式,工序分散,一台机床仅需对一种工件完成一道或几道工序的加工,工艺范围窄,但是要求加工效率高,自动化程度高。

机床的工艺范围直接影响到机床结构的复杂程度、设计制造成本、加工效率和自动化程度。对于生产率,就机床本身而言,工艺范围增加,可能会使加工效率下降。但就工件的制造过程而言,机床工艺范围的增加,将会减少工件的装卸次数,减少安装、搬运等辅助时间,有可能使总的生产率提高。

2. 柔性

机床的柔性是指其适应加工对象变化的能力。随着市场经济的发展,对机床及其组成的生产线的柔性要求越来越高。传统的刚性自动生产线尽管生产效率高,但无法适应产品更新换代速度越来越快的要求。

机床的柔性包括空间上的柔性和时间上的柔性。所谓空间上的柔性也就是功能柔性,包括机床的通用性和同一时期内进行快速功能重构的能力,即机床能够适应多品种、小批量的加工,机床的运动功能和刀具数目多,工艺范围广,一台机床具备多台机床的功能,因此在有限空间布置一台高性能机床,其作用相当于布置了几台单功能机床(即机床的通用性高);在单件或极小批量的柔性生产系统中,经过识别装置对下一个待加工的工件进行识别,根据其加工要求,在作业线上就可以自动进行机床功能重构,有些重构几秒内即可完成(如快速更换主轴头),这就是要求机床的功能部件具有快速分离与组合的功能(即机床快速功能重构的能力强)。所谓时间上的柔性是指结构柔性,指的是在不同的时期(如企业的产品更新了),机床各部件重新组合,构成新的机床,即通过机床重构,改变其功能,以适应产品更新换代快的要求。

但是机床的柔性高了,其生产率往往降低,因此设计时应该对产品的结构柔性及可重新组合能力提出合理的要求。

3. 与物流系统的可接近性

与物流系统的可接近性是指机床与物流系统之间进行物料(工件、刀具、切削等)流动的方便程度。普通机床是由人工进行物料流动的,要求机床的使用、操作、清理和维护方便和安全。对于自动化制造系统,是采用工件传送带、自动换刀和自动排屑等专用系统自动进行物料流动的,要求机床的结构便于物料的流动,可靠性好。

4. 刚度

机床的刚度是指加工过程中,在切削力的作用下,抵抗刀具相对于工件在影响加工精度方向变形的能力。刚度包括静态刚度、动态刚度、热态刚度。机床的刚度直接影响机床的加工精度和生产率。机床是工作母机,其刚度要求比一般机械装备要高得多。

5. 精度

要保证能加工出一定精度的工件,作为工作母机的机床必须具有更高的精度要求。机床精度主要指机床的几何精度和机床的工作精度。机床的几何精度是指空载条件下机床本身的精度,描述机床独立部件相对理想的线或面的形状特征(直线度、平面度)、位置(平行度、垂直度、重合度、等距度、角度)、旋转(径向圆跳动、轴向窜动、端面圆跳动)、位移(运动部件的位置偏差、线性偏差、角度偏差)的偏差程度。它们对于机床的工作精度及工具、重要零部件和附件的安装都是非常重要的。机床的工作精度是指精加工条件下机床的加工精度(尺寸、形状及位置偏差)。

6. 噪声

噪声损坏人的听觉器官和生理功能,是一种环境污染。在机床设计和生产过程中要设法降低噪声。

7. 生产率

机床的生产率通常是指单位时间内机床所能加工的工件数量。机床的加工效率越高,辅助时间越短,则它的生产率就越高。对用户而言,使用高效率的机床,可以降低工件的加工成本。