

高等学校教材

机械制造装备设计

大连铁道学院 赵永成 主编
大连铁道学院 吴永宽 主审



A1022288

中国铁道出版社

2002年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书主要介绍金属切削机床设计、机床夹具设计、工业机器人设计、输送及仓储装备设计、机械加工生产线设计等。书中除介绍机械制造装备设计的基本要求、步骤、方法及应考虑的问题外,还反映了国内外先进的技术和发展趋势,如自动化、机电一体化、精密化、绿色工程、工业工程、可靠性工程、价值工程等。

本书可作为高等院校机械制造及自动化专业及相关专业的教材,也可供从事机械制造装备设计和研究开发的工程技术人员和研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造装备设计/赵永成主编. —北京:中国铁道出版社,2002.6

ISBN 7-113-04640-1

I. 机… II. 赵… III. 机械制造工艺-机械设计
IV. TH162

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 034330 号

书 名:机械制造装备设计

作 者:大连铁道学院 赵永成 主编

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑:方 军 编辑部电话:路电(021)73134,市电(010)63549492

封面设计:冯龙彬

印 刷:北京市彩桥印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:21.75 字数:546 千

版 本:2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000 册

书 号:ISBN 7-113-04640-1/TH·96

定 价:21.50 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话:路电(021)73169,市电(010)63545969

前 言

本书是根据“机械设计制造及其自动化”专业教学指导委员会推荐的指导性教学计划组织编写的。书中将机械类教学计划中的机床设计、夹具设计、组合机床设计、工业机器人等合为一门课,将数控机床内容渗透到各章中去,并增加了仓储物流等内容,目的是使学生获得丰富的感性知识和创造性思维的源泉,掌握机械制造装备先进的设计原理和方法,具备一定的机械装备总体和结构设计的能力。

本书除了介绍机械制造装备设计的基本要求、步骤、方法及应考虑的问题外,并反映了国内外先进的技术发展趋势。如自动化、机电一体化、精密化、绿色工程、工业工程、可靠性工程、价值工程等。本书偏重介绍系统设计和结构设计的原理、步骤和方法。

本书由大连铁道学院赵永成任主编,并编写第一章、第二章的八、九节和第六章的一至四节;石家庄铁道学院王占中任副主编,并编写第二章的一至四节;大连大学胡萍任副主编,并编写第二章的五至七节;西南交通大学马术文任副主编,并编写第三章的三至六节;大连大学关浩编写第二章五至七节部分;大连铁道学院边文义编写第三章的一、二节;大连铁道学院闫长罡编写第四章;大连铁道学院葛宰林编写第五章的一至四节;同济大学周奇才编写第五章的第五节;同济大学齐从天编写第六章的第五节。全书由大连铁道学院吴永宽教授主审。

限于编者的水平,书中的错误和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2002年1月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 机械制造装备在国民经济中的地位.....	1
第二节 机械制造装备的类型.....	2
第三节 机械制造装备设计要求.....	7
第四节 机械制造装备设计方法.....	10
第五节 机械制造装备艺术造型及人机工程设计.....	21
第六节 机械制造装备设计的评价.....	25
习题与思考题.....	36
第二章 金属切削机床设计	37
第一节 机床设计概论.....	37
第二节 机床总体方案设计.....	41
第三节 机床主传动系统设计.....	55
第四节 机床进给传动设计.....	81
第五节 机床主轴部件设计.....	107
第六节 机床支承件设计.....	117
第七节 机床导轨设计.....	125
第八节 机床刀架设计.....	132
第九节 机床控制系统设计.....	146
习题与思考题.....	154
第三章 机床夹具设计	156
第一节 机床夹具设计概述.....	156
第二节 定位机构设计.....	161
第三节 夹紧机构设计.....	177
第四节 机床夹具其他装置设计.....	192
第五节 典型机床夹具设计.....	201
第六节 专用机床夹具设计.....	216
习题与思考题.....	222
第四章 工业机器人设计	225
第一节 概述.....	225

第二节	工业机器人总体设计·····	229
第三节	工业机器人传动系统设计·····	234
第四节	工业机器人的机械结构系统设计·····	246
第五节	工业机器人的控制·····	258
	习题与思考题·····	264
第五章	物料输送系统及仓储装置设计·····	266
第一节	物料输送系统及仓储装置设计概述·····	266
第二节	输送仓储装置总体方案设计·····	267
第三节	机床上下料装置设计·····	269
第四节	物料输送装置设计·····	274
第五节	仓储装备设计·····	284
	习题与思考题·····	299
第六章	机械加工生产线·····	300
第一节	概述·····	300
第二节	机械加工生产线工艺方案设计·····	302
第三节	机械加工生产线专用机床总体方案设计·····	307
第四节	机械加工生产线总体布局·····	321
第五节	柔性制造系统·····	327
	习题与思考题·····	339
	参考文献·····	340

第一章 绪 论

第一节 机械制造装备在国民经济中的地位

制造业是一个国家国民经济发展的主要支柱,是国民经济的主要来源。据统计,美国有68%的社会财富来源于制造业,日本1990年国民经济总产值的49%是由制造业提供的。可以说,制造业的发展水平是衡量一个国家或地区经济实力、科技水平和综合国力的重要标志之一。

机械制造业是制造业的核心,是向其他各部门提供工具、仪器及各种先进制造装备的部门。机械制造业的生产能力和发展水平是衡量一个国家工业水平的标志之一,因此,机械制造业在国民经济中占据着重要地位。而机械制造业的生产能力和水平主要取决于机械制造装备的先进程度。

随着科学技术的迅速发展,机械制造生产模式发生了巨大的演变。19世纪末20世纪初,制造业开始起家,二次世界大战期间,大规模的军工生产,使得制造业取得了飞速发展。

20世纪50年代,产品品种单一,为了提高生产效率,满足市场需要,广泛采用自动机床、组合机床和专用生产线。在大批大量生产条件下,这种生产方式可实现刚性自动化,大幅度降低成本,极大的提高劳动生产率。

20世纪70年代以后,社会需求日益多样化,市场竞争日益激烈,为了在竞争中求得生存与发展,生产企业不仅要提高产品质量,而且必须频繁地改型,缩短生产周期,以满足市场不断变化的需要。数控机床(NC)就是在这样的背景下诞生与发展起来的,它极其有效地为单件、小批量生产的精密复杂零件提供了自动化加工手段。1952年美国麻省理工学院研制成功了第一台数控机床,仅用20年时间便完成了数控系统从电子管、晶体管、小规模集成电路到大规模集成电路的4次根本性变革。20世纪70年代初研制出了计算机数控(CNC),使数控机床得到了迅猛发展和普遍应用。

20世纪70年代末80年代初,市场上出现了更多系统化、规模更大的柔性制造系统(FMC),它是采用一组数控机床和其他自动化的工艺装备,由计算机信息控制系统和物料自动储运系统有机结合的整体。FMS既是自动化的,又是柔性的,比单台数控机床的经济效益有大幅提高,特别适用于多品种、中小批量生产。将多个FMS用高一级的计算机及传输装置连接起来,加上自动化立体仓库,利用工业机器人进行装配,就组成规模更大的FMS。

20世纪80年代,随着世界经济的发展,市场环境发生了巨大的变化,制造商的竞争逐渐全球化。为了赢得竞争的胜利,制造业必须依靠制造技术的改进和管理方法的创新不断开发出符合用户不同要求的新产品。为此,先进制造技术发展迅速,如计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工艺规程设计(CAPP)、成组技术(GT)、计算机辅助生产管理(CAPM)、制造资源规划(MRP—II)、并行工程和全面质量管理(TQC)等作为工具和手段,在机械制造业中的应用已逐渐成熟,并取得了可喜的成效。

随着计算机辅助技术向智能化、网络化和集成化方向发展,为了充分利用企业的软硬件资

源,发挥企业的整体效益,国外在20世纪80年代出现了一种新的生产模式——CIMS。CIMS的核心在于集成,它将企业中的人、生产经营系统和工程技术系统有机地集成起来,构成适合于多品种、中小批量生产的高效益、高质量和高柔性的智能生产系统。CIMS技术的出现,使机械制造自动化水平开始由系统自动化向综合自动化方向发展。

20世纪90年代,随着信息科学和技术的发展,世界经济打破了传统的地域经济发展模式,全球经济一体化的进程加快,快速响应市场成为制造业发展的一个重要方向。为了加速响应市场,相继提出了精良生产(LP)、敏捷制造(AM)、虚拟公司(Virture Conperation)、精益——敏捷——柔性(LAF)生产系统等许多新的生产模式和新哲理。这些新的生产模式和哲理是21世纪机械制造业发展的导向性模式。

我国的机械制造业是在1949年建国以后建立和发展起来的。半个多世纪来,我国的机械制造业发展十分迅速,已成为一个规模宏大、门类齐全的工业部门。然而,由于我国长期以来实行的是计划经济模式,在20多年时间内处于闭关锁国的状态下自我发展,我国的机械制造装备水平还很落后,主要表现在大部分工厂的机械制造装备基本上是通用机床加专用工艺装备,数控机床在机械装备中的比重还非常低,导致“刚性强、柔性差”,更新产品速度慢;产品品种少、档次低,多数装备还处于20世纪60~70年代水平,导致机械制造装备大量进口的局面;自动化水平低,基本上还是“一个工人、一把刀、一台机床”,导致劳动生产率十分低下,产品质量不稳定。机械制造装备的落后,又严重的影响了机械制造业,乃至整个制造业的振兴。因此,我们必须深入广泛地开展科学研究和技术革命,把学习外国的先进技术和自己的创新结合起来,迅速提高我国机械制造装备产品的技术水平和市场竞争力。

第二节 机械制造装备的类型

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类型。

一、加工装备

加工装备主要指机床、也称工作母机。根据其加工特点可分为:金属切削机床、锻压机床、特种加工机床和木工机床。

(一)金属切削机床

金属切削机床是利用刀具或磨具对金属工件进行加工,以获得几何形状、加工精度和表面粗糙度符合要求的零件。

金属切削机床种类繁多,按使用范围可分为通用机床、专用机床和专门化机床。

1. 通用机床:又称万能机床,这类机床可加工多种工件,完成多种工序,使用范围广,通用程度较高,主要用于单件小批量生产。按切削方式通用机床可分为:车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、刨(插)床、拉床、切断机床、锯床和其他机床。其他加工机床如珩磨研磨机床等。

2. 专用机床:是用于加工特定工件的特定工序的机床,是为特殊工艺要求专门设计、制造的加工设备。这类机床结构简单、生产效率很高,适用于大批量生产。组合机床是其中的一大分支。

3. 专门化机床:这类机床用于加工形状相似而尺寸不同的工件的特定工序,生产率很高,适用于成批生产。如凸轮轴车床、精密丝杠车床等。

此外,机床按其通用特性可分为手动、半自动、自动、普通、精密、高精度、仿形、数控、自动换刀、轻型、大型、重型、万能机床等。

(二)特种加工机床

随着宇航、电子等尖端技术的飞跃发展,新材料、难加工材料的不断涌现,对零件的加工精度和表面质量的要求也越来越高,常规的加工方法难以甚至无法解决这些加工要求,特种加工技术便迅速发展起来。特种加工机床按其加工原理可分为:电加工、超声波加工、激光加工、电子束加工、离子束加工、水射流加工等加工机床。

1. 电加工机床

电加工机床是直接利用电能对工件进行加工的机床,主要有电火花加工机床、电火花线切割机和电解加工机床。

电火花加工机床是利用工具电极与工件之间产生脉冲性火花放电蚀除多余金属,使零件达到加工要求,改变工具电极的形状和工具电极与工件之间的相对运动方式,可加工各种复杂的型面。主要用于对导电的难加工材料进行加工,如淬火钢、耐热合金、硬质合金、金属陶瓷等。

电火花线切割机床是利用一根移动线状电极(钼丝或铜丝)与被加工零件之间产生脉冲放电,通过脉冲放电对被加工零件产生腐蚀进行切割加工的。目前数控电火花线切割机床已广泛应用。

电解加工机床是利用金属在直流电流作用下,在电解液中的电化学阳极溶解原理,对工件进行加工的。加工时,工件接电源正极,工具接负极,两极之间的电压一般为 $5\sim 25\text{ V}$ 。工具和工件相对缓慢进给,两极之间保持较小的间隙($0.05\sim 1\text{ mm}$),让具有一定压力($0.5\sim 2\text{ MPa}$)的电解液(NaCl 或 NaNO_3)溶液连续从间隙中流过,将工件被电解的产物带走,从而使工具的形状复映到工件上,得到所需要的加工形状。

2. 超声波加工机床

超声波加工机床是利用工具端面作超声频振动,通过工作液中的悬浮磨料对工件进行冲击和抛磨实现加工的。加工时,工具和工件之间加入工作液(通常用水和煤油与磨料混合而后的悬浮液),工具作超声振动,并以很小的静压力作用于工件上,迫使工作液中悬浮磨料以很大的速度对工件表面进行冲击和抛磨,循环流动的工作液不断的带走从工件表面脱落下的碎屑,工具的形状便复映到工件上可加工出要求的尺寸和形状。超声波加工精度高,表面质量好,但效率不高,宜用于加工特硬的非导电材料如石英、陶瓷、水晶等孔加工,也可与其他工艺进行复合加工,如超声——电解加工、超声——研磨加工等。

3. 激光加工机床

采用激光能量对材料进行加工的设备称激光加工机床。激光是由处于激发状态的原子、离子或分子受激辐射而发出的得到加强的光。它具有强度高(高亮度)、单色性好、相干性好和方向性好等特点,把激光光束聚焦成极小的光斑,可在工件上产生极高能量的高温,使工件被照射的部分瞬间融化和气化而被蚀除下来,实现加工。激光加工适应范围广,可对所有材料(金属或非金属)进行加工,特别适用于微细孔($\phi 0.01\text{ mm}$ 左右)加工和材料切割(切缝宽度为 $0.1\sim 0.5\text{ mm}$)。常用于钟表宝石轴承、火箭发动机燃料喷嘴、陶瓷、硬质合金、不锈钢等材料的小孔加工及切割加工。

4. 电子束加工机床

电子束加工是在真空条件下,由阴极发射出的电子在阳极的吸引下,向阳极方向运动,经

聚焦、加速后,在被加工表面上形成能量密度和速度极高且直径仅为几微米的电子束,该电子束在极短时间内将冲击动能转化为热能,使被加工部位温度在几分之一微秒内迅速升高到几千度(摄氏),被冲击的局部材料瞬时融化或气化,完成对工件的加工。电子束机床加工范围广,可对任何金属导体、半导体和非导体材料进行加工,常用于微细孔打孔、切割、焊接和熔炼等。也可利用低能电子束对某些高分子材料的化学作用,进行光刻加工。

5. 离子束加工机床

离子束加工机床是利用离子束特点进行加工的机床。在真空状态下,将离子源产生的离子束经聚焦和加速,形成速度极高的细束状离子束冲击被加工部位,由微观的机械撞击能量实现加工。常用于穿孔、切割、成像、抛光、蚀刻、清洗、注入、溅射等。

6. 水射流加工机床

水射流加工机床是利用具有高速的细水柱或掺有磨料的细水柱冲击工件被加工部位实现加工的。常用于切割难加工材料,如硬质合金、高速钢、模具钢、淬火钢、耐热合金、陶瓷和复合材料等。

(三) 锻压机床

锻压机床是利用金属的塑性变形特点进行成形加工,属无屑加工设备。锻压机床的类型很多,按传动和工作原理可分为八类,即机械压力机、液压机、自动锻压机、锻锤、锻机、剪切机、弯曲校正机、其他锻压设备。按照工作运动与作用力特点分,可归纳为锻锤、液压机、曲柄压力机和辊锻机。

锻锤是利用锤头与砧座之间的撞击能量对金属进行压力加工。目前锻锤包括下列六组产品:蒸汽、空气自由锻锤;蒸汽、空气模锻锤;空气锤;机械锤;蒸汽对击式模锻锤;液压模锻锤。

液压机是根据静压下液体压力等值传递的帕斯卡原理制成的,它是一种用液体压力传递能量的机床。液压机可分为十组:手动液压机;锻造液压机;冲压液压机;一般用途液压机;校正、压装液压机;层压液压机;打包、压块液压机;其他液压机。每组又分为十型(系列)。

曲柄液压机是锻压生产中广泛使用的一种锻压机床,它可以用于板料冲压、冷热挤压、冷静压和粉末冶金等工艺。曲柄压力机传动系统的旋转运动通过曲柄连杆使滑块成往复运动,利用滑块发出的压力使毛坯产生塑性变形,以制成一定形状的锻压件。曲柄压力机按工艺用途分为:剪切机、通用压力机、拉延压力机、冷挤压机、热模锻压机、精压机、平锻机、自动机和蒸汽压力机。

旋转锻机主要是指辊锻机,它是将轧制变形引入锻造生产中的一种锻造新工艺,其特点是通过一对反向旋转的模具使毛坯连续地产生局部变形。辊锻按其用途可分为制坯辊锻与成型辊锻两类。

二、工艺装备

工艺装备即产品制造过程中所用各种工具的总称。包括刀具、夹具、量具、辅具、模具、检具、钳具、工具和工位器具等,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手段。

(一) 刀具

切削加工时,能从工件上切除多余材料或切断材料的工具,称之为刀具。由于被加工零件的材料、形状、尺寸、技术要求多样性,要求刀具具有不同的结构和切削性能。生产中所使用的刀具种类很多,通常按加工方式和具体用途分类,可分为车刀、孔加工刀具、铣刀、刨刀、拉刀、

螺纹刀具、齿轮刀具、自动线及数控机床刀具和模具等几大类。大部分刀具已标准化,由工具制造厂生产,用户不需自行设计。

(二) 夹具

在机械制造各行业的工艺过程中广泛应用各种不同的用以使工件占有正确的位置,然后将工件夹紧的工艺装备,统称夹具。无论在机械加工、装配、检验,还是在焊接、热处理等冷、热工艺中,以及在运输工作中都大量采用夹具,但在机械加工中机床上使用的夹具,称其为机床夹具。机床夹具一般由定位机构、夹紧机构、刀具导向装置、辅助部分和夹具体等构成。按夹具安装所在机床可分为车床夹具、铣床夹具、镗床夹具、自动线夹具等。按机床夹具的通用化程度可以分为通用夹具、专用夹具、成组夹具、组合夹具及随行夹具。

在通用机床上一一般都附有通用夹具,如车床上的三爪卡盘;铣床上的平口钳、分度头等。它们有很大的通用性,无须调整或稍加调整就可以装夹不同的工件。这类夹具已标准化,一般作为机床附件供应给用户。

专用夹具是对某一工件的某一特定工序而专门设计、制造的夹具。专用夹具由于它针对性强,其结构紧凑,操作迅速,维修方便,但当产品变更时,往往因为无法再使用而报废,故这类夹具适用于产品固定的批量较大的生产中。

成组夹具:有时工件批量较小,为每种工件设计专用夹具不合适,而使用通用夹具又不能满足加工质量和生产率的要求,这时采用成组夹具。成组夹具是采用成组技术,把结构、形状和尺寸相似,而加工工艺又相近的不同产品的零件划为一组,再按每组零件设计组内通用的专用夹具。其特点是具有专用性和可调性,即在通用夹具体上,只需对夹具的部分元件稍加调整和更换,就可以用于组内不同零件的加工。

组合夹具:它是利用一套预先制造好的标准化、系列化的元件(如基础件、支撑件、定位件等)和通用部件(如定位装置、动力装置)按加工要求组装而成的夹具。这些元件有各种不同的形状、尺寸和规格,具有较高的制造精度和完全互换性,当产品变换时,可将组合夹具拆散,其元件可清洗入库,再按新的零件重新组装成新的夹具。组合夹具的特点是灵活多变,元件可长期使用,减少专用夹具品种,缩短生产准备周期。适用于新产品试制和单件小批量生产,对于批量较大的生产也是适用的。

随行夹具:它是用于生产线和柔性制造系统上的一种移动式夹具。随行夹具除了完成对工件的定位和夹紧外,还带着工件按生产线的工艺流程由输送机构运送到各工位的夹具上,由机床夹具对它进行定位和夹紧,以实现对工件各工序的加工。随行夹具主要用于那些形状复杂而无规则,又无良好输送基面的工件,或虽有良好输送基面,但材质较软,防止输送中划伤基面的有色金属工件。

(三) 模具

在工业生产中,用各种压力机和压力机上的专用工具,通过压力把金属或非金属材料制出所需形状或制品,这种专用工具统称为模具。模具是工业生产中的基础工艺装备,也是发展和实现无切削技术不可缺少的工具。在工业生产中,模具的种类很多,按材料在模具内成型的特点,模具可分为冷冲模及型腔模两大类。下面介绍几种典型模具。

1. 粉末冶金模具

粉末冶金模具是指将一种或多种合金粉末或金属粉末混合放入模腔内,进行高压成形,经烧结后制成所需形状及尺寸的成品所使用的模具。

2. 合金压铸模

将熔融的液态金属注入压铸机的加料室,通过压射冲头(活塞)的运动,使液态金属在高压作用下,高速射入模具型腔,经保压和冷却后,便把型腔的轮廓复制下来形成所需要的制品。压铸件的尺寸精度高,表面光洁,主要用于制造有色金属件。

3. 塑料模具

塑料模具是以高分子合成树脂为主要成分,在一定条件下可塑制成特定形状,且在常温下保持形状不变。塑制所需制品所用的模子称为塑料模具。塑料模具有压塑模具、挤塑模具、注塑模具和其他模具。

压塑模具又称压胶模。成型前,根据压制工艺条件将模具加热到塑料成型温度,然后将塑料粉放入模腔内预热,合模后加压,塑料在热和压力作用下,逐渐软化成粘流状态并充满型腔,经保压一段时间,使塑料硬化成型,然后开启模具,取出塑料制品。

挤塑模具又称挤胶模,是形成热固性塑料或封装电器元件等用的一种模具。这种模具有单独的加料室,成型前,先将模具闭合,然后将塑料放入加料室预热成粘液状态,再在压力作用下使融料通过模具的浇注系统,以高速挤入模具型腔后硬化成型。

注塑模具是将塑料通过注塑机螺杆旋转而使料斗中的粉粒漏入保持一定温度的料筒中,经预热和搅拌使塑料成粘稠状态,由注塑活塞将以高压、高速注入模具型腔中,冷却定型后,通过注射机和模具的顶出机构脱出成型好的塑件。塑料注射模分为动模和定模两部分,注射时动模与定模闭合构成型腔和浇注系统,开模时动模与定模分离,取出工件,定模装在注射机固定模板上,而动模则安装在注射机的移动模板上。

其他模具有挤出成型模具、发泡成型模具、低发泡注射成型模具和吹塑模具等。

4. 冷冲模具

在室温下,把金属或非金属材料放入模具中,通过压力机传给模具上模的压力,对板料加压,最终使板料在模具上、下模的作用下发生分离或变形而制成所需要的零件,这类模具称为冷冲模具。冷冲模的种类很多,按工艺性质可分为冲裁模、弯曲模、拉伸模、成型模和冷挤模等。

5. 锻压模具

锻压模具是锻造用模具的总称,它是锻压生产的主要工具。按所使用的锻造机床不同可分为锤锻模、机锻模、平锻模、辊锻模等。按使用目的不同可分为预成型模、终成型模、制坯模、冲孔模、切边模等。

(四) 量具

以固定形式复现量值的计量器具称量具。量具的种类很多,许多量具已商品化,如千分尺、游标卡尺、千分表、角度块等。有些量具虽然是专用的,但可以相互借用,如极限量块、样板等。有些量具属于组合测量仪,组合测量仪中通常有模数转换装置、微处理器和显示装置,测得的值经模数转换成数字量,由微处理器将测得的值作相应处理,并与允许值作比较,得出的结论由显示装置显示出来。在产品的设计时,所设计的尺寸和公差应尽可能借用量具库中已有的量具。

三、输送及仓储装备

输送及仓储装备主要包括物料输送装置、机床上下料装置、各级仓储装置及立体仓库等。机器人可以作加工装备,如焊接机器人和喷漆机器人等,也可以属于输送装备,用于机床上下料等。

1. 物料输送装置

物料输送主要指毛坯、半成品或成品在车间内工作中心间的传送。采用的传送方式有各种输送带和自动输送小车。

输送装置主要用于流水生产线、自动生产线和柔性制造系统,有3种主要形式:

(1)重力输送装置:由许多辊轴装在型钢台架上构成床形短距离滚道,靠工件自身重量或一推力,使工件在滚道上前进实现输送。

(2)强制输送装置:由链条式输送带、链板式输送带带动工件或随行夹具;采用输送机械手在两工位之间输送工件。

(3)步伐式输送装置:自动线中最常用的是步伐式输送装置,其作用是在自动线上输送工件和随行夹具。常用的步伐式输送带有棘爪步伐式、摆杆步伐式和抬起步伐式。在柔性制造系统中步伐式输送带主要形式是输送托盘。

自动运输小车主要用于工作中心间工件的输送。自动运输小车形式多种多样,大体上可分成有轨小车和无轨小车两大类。有轨小车有的采用地轨,像火车的铁轨一样;也有的采用高架轨道,运输小车吊在两条高架轨道上。无轨小车因导向方法不同,可分为有线导向、光电导向、激光导向和无线电遥控等多种形式。运输小车较多地用于柔性制造系统中。

2. 仓储

仓储是用来存储原料、外购器材、半成品、成品、工具、胎夹模具、托盘等,分别归厂和车间管理。

现代化的仓储系统应有较高的机械化程度,采用计算机进行库存管理,以减轻工人劳动强度,提高工作效率。

立体仓库是将库存所有的保管、出入库、流通加工(如包装等)、信息处理功能,用机电一体化方法实现高效率利用空间、时间、节省人力、迅速进行出入库处理的系统。其特点是占地面小而库存量大,便于实现机械化和自动化、便于计算机进行库存管理与控制。

托盘缓冲站是一种待加工零件的中间存储站,又称托盘库。托盘缓冲站设置的目的是解决柔性制造系统各机床工作站节拍不相等而造成的工件在加工工作站前排队现象。托盘工作站一般设置在加工机床的附近,有环形和往复直线形等多种形式。

四、辅助装备

辅助装备包括清洗机、排屑和计量等设备。

清洗机是用来清洗工件表面油污和尘屑的机械设备。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。清洗液通常用3%~10%的苏打水或氢氧化钠水溶液,加热到80~90℃,采用浸洗、喷洗、气相清洗和超声波清洗等方法。

排屑装置通常用于自动机床、自动生产线和柔性制造系统中,从加工的区域将切屑清除,送到机床外或生产线外的集屑器内。清除切屑常采用离心力、压缩空气、冷却液冲刷等方法,输送切屑主要有皮带排屑装置、刮屑板排屑装置和螺旋排屑装置等。

第三节 机械制造装备设计要求

机械制造装备设计的好坏,直接影响其质量、成本、研制周期及市场的竞争能力。随着科学技术的飞速发展,人们对机械制造装备提出了更多更高的要求。除了设备的使用功能外,还

提出精密化、自动化、机电一体化、柔性化、智能化、高效节能、绿色工程、工业工程、成套设备等要求。

一、设备的使用功能

机械制造装备的使用功能一般包括：

1. 加工精度要求

加工精度是指加工后零件的几何参数与理想状态相符合的程度。包括尺寸精度、表面形状精度、相互位置精度等。加工精度是机械装备必须满足的最基本要求。

影响加工精度的因素很多，与机械装备本身的因素有关的有几何精度、运动精度、传动精度、定位精度、低速运动平稳性及精度保持性等。

2. 刚度和抗振性要求

一般情况下，机械制造装备的刚性越大则动态精密度越高，而其振动越小，加工精度、工件表面质量和刀具耐用度就越高。因此，机械制造装备应具有足够的刚度、强度和抗振性。提高刚度和抗振性不能只简单地加大制造装备零部件的尺寸和重量，应充分利用新技术、新工艺、新结构和新材料，对制造装备的整体结构和主要零部件进行改进设计，在不增加或少增加尺寸和重量的前提下，使制造装备的刚度和抗振性满足技术要求。

3. 加工稳定性要求

机械制造装备在使用过程中，受到外部热源（如阳光、环境温度的变化）和内部热源（如电机、齿轮箱、轴承、液压和切削热等）的影响，使各部分温度发生变化，导致产生热变形，破坏了制造装备的原始几何精度，加快运动部件的磨损。特别是对精密和自动化程度较高的机械制造装备热变形对加工稳定性的影响尤其不能忽视。提高加工稳定性的措施是减少发热量、散热、分离热源、隔热、控制温升、改善装备结构等。

4. 耐用度要求

为了提高生产效率和缩短机械制造装备投资的回收时间，必须提高机械制造装备耐用度。提高耐用度应从设计、工艺、材料、热处理等多方面综合考虑，在保证尽可能减少电气和机械故障的同时，必须在设计时就充分考虑机械制造装备零部件的耐磨性，尤其是影响精度的主要零部件的耐磨性。

5. 成本低

降低成本是加速国民经济发展积累资金的重要途径。设计时在考虑各项技术要求的同时都应使机械制造装备成本最低，不应盲目的追求技术先进和功能齐全而大幅提高产品的成本，削弱产品在市场上的竞争力。

6. 其他要求

机械制造装备使用功能除满足上述要求外，还应满足体积小、重量轻、结构简单、使用安全可靠、操作维修方便等要求。

二、机电一体化

机电一体化是机械工业技术和产品的发展方向，随着高新技术向产业的转移，传统的机械制造装备和生产管理系统将被大规模的改造和更新为机电一体化生产系统。“机电一体化”是机械技术、微电子技术、信息技术、传感检测技术、电力电子技术、自动控制技术和接口技术等有机结合的一门复合技术，它从系统的观点出发，使产品或系统实现整体最佳化。机电一

体化产品或系统应包括以下基本部分:机械本体、动力部分、检测传感部分、执行机构、驱动部分、控制及信息处理单元及接口。故设计机电一体化系统或产品时,要充分考虑机械、液压气动、电力电子、检测、计算机软、硬件的特点,进行合理的功能搭配,由接口使各部分和子系统联成一个有机整体,使各功能环节有目的的协调一致运动。机电一体化系统或产品应具有功能强、性能高、精度高、可靠性强、故障低、节能节材、机械结构简化并具有灵活性(柔性)等特点。

三、自动化

机械制造装备自动化是指用机电装备取代或放大人的体力,甚至取代和延伸人的部分智力自动完成特定的工作,如物料的存储、运输、安装、加工、装配和检验等各生产环节的自动化,目的在于减轻劳动强度、提高生产效率、节省能源及降低生产成本。自动化分为全自动和半自动。全自动是指机械制造装备在调整好后可无需人工参与便能自动完成预定的全部工作;若能自动完成预定的全部工作,但上下料(装卸工件)仍需人工进行,则称半自动。实现自动化的方法一般由凸轮控制、程序控制、数字控制和适应控制等。

四、柔性化

随着我国社会主义市场经济体制日益成熟和经济发展,人们对产品需求的不断增长,绝大多数的产品已从卖方市场转向买方市场,产品的竞争十分激烈,迫使生产企业要不断更新产品,提高产品的性能价格比,以满足用户的要求。由于“刚性”的大量生产方式使产品的改型和更新变得十分困难,机械制造装备的柔性化便引起人们的重视。机械制造装备柔性化是指其结构柔性化和功能柔性化。

所谓结构柔性化是指设计机械制造装备时,采用模块化和机电一体化技术,只对结构作少量的修改和重新组合,或修改软件,就可以迅速生产出具有不同功能的新制造装备。

功能柔性化是指只需对软件进行少量的调整或修改,就可以改变机械制造装备或系统的功能,实现对不同工件的加工。

随着经济的发展,具有较高功能柔性的数控机床、柔性制造单元和柔性制造系统等制造装备纷纷问世,可根据制造任务或生产环境的变化迅速进行调整,以适应于多品种、中小批量生产或实现混流加工。这类加工装备投资大、使用维护技术难度大,采用时应通过认真的经济技术分析。

五、绿色工程要求

所谓绿色工程,是针对当前人类社会所面临的资源短缺与环境污染的严重威胁,而提出的一种新的产品设计理念。按绿色工程要求设计的产品称绿色产品。绿色产品在设计阶段,除了充分考虑产品的功能、质量、成本、寿命和开发周期的同时,还应考虑产品从设计、制造、包装、流通、使用、维修、报废回收再生利用的生命周期中,资源利用率最高,对环境的污染最小。

为了节约资源和防止污染,绿色产品的材料应尽量选择资源丰富的材料、能容量低的材料、可回收性的材料、无毒害性和不影响环境的材料;产品生产过程中,应充分考虑对环境的保护(如对废弃物的处理),资源的回收,如材料的再循环,部分废弃物被分解,作为燃料被回收或产生再生原料等;产品的包装也应选用资源丰富的包装材料,并注意包装材料的回收利用和对

环境的污染问题;产品生命周期终止时,应提高产品的可拆性和回收性,减少废弃物。

六、工业工程

工业工程(Industrial Engineering 简称 IE)是一门应用科学,且用于企业生产管理,也可以说是一门管理技术。不同国家,不同学术团体和专家,在不同时期对工业工程定义的表述略有差异。美国工业工程师学会(AIIE)对工业工程定义如下:“工业工程是对有关人、物料、设备、能源和信息等组成的整体系统进行设计、改进和实施的一门学科,它运用数学、物理学和社会科学的专门知识和技能,并且应用工程分析和设计的原理和方法,对上述系统可能获得的成果进行阐述、预测和评价。”这个定义特别强调了研究对象是一个整体系统,因此,所谓的设计是指拟订出一种新的系统;改进是指将现有的系统改进为更加有效和更富于生产力的系统;实施是把设计和改进的系统引入应用,使其发挥应有的作用。

现代工业工程除包括传统工业工程内容外,还不断扩充和发展新内容,主要领域有:①生产计划与控制;②库存管理与控制;③物流系统分析与设计;④设施规划与设计;⑤运筹学与优化技术;⑥成本管理与控制;⑦工程经济;⑧决策分析;⑨信息处理与系统设计;⑩人力资源管理;⑪工效学与人的因素;⑫现代制造学,包括成组技术、价值工程、信息工程、智能工程、柔性制造系统与单元(FMS、FMC)、计算机集成制造系统(CIMS)等。因此,要求设计人员必须具备许多方面的知识和技术。

第四节 机械制造装备设计方法

一、机械制造装备设计类型

机械制造装备设计是设计人员根据市场及用户对制造设备的需要所进行的构思、计算、实验、选择方案、确定结构和尺寸、绘制图纸及编制设计文件等一系列创造性活动的总称。机械制造装备设计可分为新产品开发设计、变型设计和组合设计。

(一)新产品开发设计

新产品开发设计是依据对市场需要发展的预测,从对产品功能要求出发,设计出过去没有过的新产品。它是在人们已掌握的基础理论、成熟的科学知识、工程技术的基础上,采用新的技术手段和技术原理,开发出新一代的产品。机械制造装备新产品开发设计通常从市场的调研和预测开始,明确产品的设计任务,经过方案设计、技术设计、施工设计、试制和定型投产等阶段。

(二)变型设计

企业为了快速满足瞬息万变市场的需求,常常采用变型设计。变型设计是在原有产品基础上,基本工作原理和总体结构不变,通过改变或更换部分部件或结构、部分尺寸与性能参数,以适应新的需要,形成变型产品,满足用户的需要。由于各用户的工件和生产规模各不相同,对机械制造装备的性能和结构的需求也就不同,为了避免产品重叠、规格混乱、成本增加、不利于生产管理,变型设计应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、型式的产品,形成一个产品系列和型谱。

变型设计是在原有产品基础上进行的,由于变型产品的基本工作原理和主要功能结构与原有产品相同,因此技术是成熟的,所以变型设计可以在较短的时间内,高质量地设计出市场需求的产品。

(三)组合设计

组合设计又称模块化设计,是根据用户的需求,选择适当的功能模块,直接拼装成组合产品。进行组合产品设计,根据需求和科技新成就,对已有同类机械产品进行分析,在功能分析的基础上,设计出一系列功能模块,通过这些模块的组合,便可形成不同类型或相同类型不同性能的产品。组合产品中的模块应按系列化的原则进行设计,便于缩短设计周期和投产周期,降低成本。

二、机械制造装备设计方法

随着机械制造业的发展和新技术的采用,机械制造装备设计方法发生了相当大的变化,设计方法更趋于科学、完善。新的设计方法不断出现,如创新设计、优化设计、可靠性设计、标准化、并行工程方法、机电结合、价值工程等。

(一)创新设计

机械制造装备创新设计是指从市场调研到产品投产的过程,其一般步骤为:决策、方案设计、技术设计、施工设计和试生产等阶段。

1. 决策阶段

决策阶段是通过对市场的调查与预测、产品的功能和技术性能及发展动态、企业生产能力及经济效益等的分析,确定开发的项目和目标。以求在市场大量需求到来之前完成新产品开发研制工作,抢先投放市场,取得较高的经济效益。

(1)市场调查和预测

产品设计是为了满足市场的需求和用户的要求,市场的需求往往是瞬息变化的,因此设计者必须进行市场调查和预测市场的需求。

市场调查一般从以下几方面进行:

- ①社会消费群体对产品的功能、技术性能、质量、数量、价格等的要求;
- ②产品的生命周期及新老产品交替的动态分析,类似产品的功能、技术性能、价格、销售情况及发展趋势;
- ③同行主要竞争对手技术、经济方面的优势和劣势,产品的经营销售情况及发展趋势,本企业产品市场占有率及与对手的差距、实际情况、优势和不足及发展潜力等;
- ④主要原材料、配件、半成品的质量、价格、供应情况及变化趋势等;
- ⑤社会人员的构成情况、消费水平、购买能力等;
- ⑥用户对产品的功能、性能、质量、使用、保养、维修、外形、需求数量及价格等要求。

预测主要进行定性和定量预测。定性预测是采用查资料、走访调查、抽样调查、类比调查、专家调查等方法,对调查的情况进行综合分析,依靠经验对未来的发展作出推测和估计。定量预测是采用时间序列回归法、因果关系回归法、产品寿命周期法等,对市场发展作出定量预测。

(2)技术调查

主要包括分析国内外同类产品的结构特征,性能指标、质量水平及发展趋势;主要竞争对手新产品开发动向;新型元器件、新工艺、新技术、新材料供应情况和发展动态;对开发研制的新产品进行设想与分析(产品的使用条件、环境要求、性能措施、可靠性、布局及应执行的标准和规定等);实现新产品需要攻关课题及先行试验项目与试验大纲。

(3)可行性分析

通过调查和预测后,要对产品设计、制造进行可行性分析,并提出可行性报告,供企业领导

决策,必要时组织可行性评审。

可行性报告一般包括如下内容:

①产品开发的必要性,市场调查和预测情况。主要包括用户对产品的功能、质量水平、使用维护、外观、价格等需求和意见;

②分析产品的主要技术参数,发展趋势;

③提出设计、工艺和质量等攻关项目,并分析其实现的可能性;

④技术可行性分析,预期产品开发能达到的水平;

⑤产品经济寿命分析;

⑥分析产品设计周期和制造周期,生产成本和利润预测;

⑦现有条件下开发的可能性。

(4)编写设计任务书

产品设计任务书是指指导产品设计的基础性文件,经主管部门的批准或需方同意后,作为产品设计的技术依据。其内容包括:设计依据、产品的用途和使用范围、基本参数及主要性能指标、总体布局 and 结构特征、应满足的要求、标准化综合要求、关键技术、元件及有关问题分析等。

2. 方案设计

方案设计即完成产品总体方案设计,是新产品设计最重要的步骤之一,其完成质量将严重影响产品的结构工艺、性能和成本,关系到产品的技术水平、质量和竞争力。方案设计是根据任务书或技术协议书的要求,确定产品的基本参数及主要技术性能指标,总体布局及主要部件结构,产品的主要工作原理及各工作系统的配置,标准化综合要求等。方案设计阶段应开阔思路,创新构思,引入新理论和新技术,根据所设计产品的要求,提出多个设计方案,经过技术经济分析与筛选,找到较优方案。必要时,对采用的新原理、新结构和新材料进行试验,检验其可行性。对大型、复杂设备,可制作模型,以获得比较全面的技术数据。方案设计提出的产品总图(草图)、相应简图(如主要工作原理图、系统原理图等),经评审后作为技术设计的基础。

3. 技术设计

技术设计是将方案设计阶段拟订的设计方案具体优化,设计、计算机械装备及其组成部分的结构、参数,绘制机械装备的总装图、部件装配图。

在技术设计阶段,设计人员根据方案阶段提出的总图(草图),经反复修改,完成初步设计总图。通过初步总图的绘制,会发现各部分的形状、尺寸,结构等有许多矛盾,在修改时,必须权衡取舍,防止加强或改进某一方面,而削弱或恶化另一方面的情况。

在这阶段,技术人员应按照所绘制的初步设计总图,简单的计算或估算机械各主要零件的受力、强度、尺寸和重量等,如发现结构不合理或不可行,则要调整和修改结构,并对产生过热、过度磨损等危险部件,采取措施解决。

在修改初步设计总图的过程中,需对初步设计进行技术经济分析,主要选择那些结构复杂、重量及尺寸大、材料贵、性能差、技术水平低以及批量大、原材料消耗大、工艺复杂的零件进行分析,为进一步修改提供依据。

初步设计总图经反复修改满意后,进行初步评审,按照初步评审意见进行修改得到技术设计总图。根据画出技术设计总图中零件的结构尺寸,可精确地计算出零件的承载情况、承载后应力的分布及零件的寿命,并以此修改零件设计。完成润滑设计、电气驱动和控制设计等,最后绘出技术设计总图。技术设计总图经二次评审后,正式画出技术总装图和部件总装图。