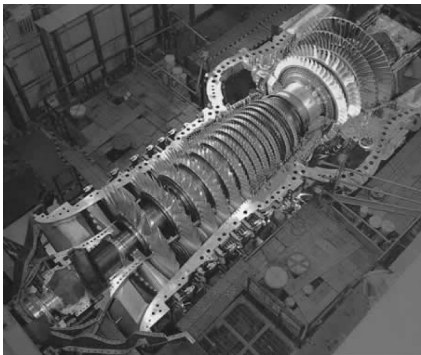


绪 论

本章要点

- 生产与生产过程的概念
- 产品制造与制造技术
- 工艺过程的概念
- 制造业与机械制造业
- 机械制造技术的发展
- 机械工艺师的工作内容
- 课程内容与学习方法



本章说明

“机械制造工艺学”是 1953 年首次由苏联专家节门杰夫教授在清华大学正式讲授,经过我国学者多年努力,内容不断充实和发展起来的一门学科。《机械制造工艺学》课程是机械制造专业的最重要和最基本的专业主干课程之一。

本章简要阐述生产、制造、机械制造工艺及其系统等专业术语的含义,介绍了机械制造的发展和历史地位,以及机械工艺师的工作内容,对本课程的任务、特点以及学习方法进行了详尽的表述。

0.1 生产与制造

0.1.1 生产的含义

生产活动是人类赖以生存和发展的最基本活动。从系统观点出发,生产可定义为:一个将生产要素转变为产品财富,并创造效益的输入输出系统,如图 0-1 所示。

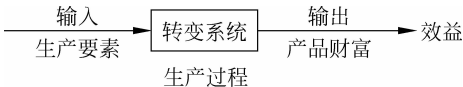


图 0-1 生产的定义

1. 生产系统输入的是生产要素

生产要素根据其基本作用可分为五类。

(1) 生产对象 指完成生产活动所需的原材料,包括主体材料和辅助材料。主体材料是指构成产品的主体结构材料,如机械产品的主体材料是各种牌号的钢材和铸铁;辅助材料是指加于主体结构上的附加材料(如产品外表喷涂的油漆),以及生产过程中消耗的材料(如润滑油、冷却液等)。

(2) 生产资料 指生产过程中所需的各种装备和硬件资源。生产资料分为直接生产资料和间接生产资料两类。直接生产资料指生产过程直接使用的各种设备、工具等。间接生产资料在生产过程中不直接使用,但其构成是对生产过程必不可少的辅助和支持,如厂房、道路等。

(3) 能源 指生产过程中所需的各种动力源。

(4) 劳动力 指生产过程中,生产者所付出的脑力劳动和体力劳动。

(5) 生产信息 指有效进行生产活动所需的知识、技能、情报、资料等。在科学技术高度发展的今天,生产信息在生产活动中所起的作用越来越大。

在上述五类生产要素中,前三类要素属于硬件范畴,生产信息要素属于软件范畴,而劳动力要素既有硬件特性,又有软件特性。在诸生产要素中,人的要素是最重要的,处于主导地位,其他要素都要通过人来起作用。

2. 生产系统输出的是产品财富

这里的产品财富包括有形的财富(产品)和无形的财富(服务)。

有效地将生产要素转变成产品财富是十分重要的。生产要素转变效率的度量指标是生产率,生产率可以被定义为系统输出与输入之比。获得尽可能高的生产率,始终是生产企业经营者追求的目标,也是企业在激烈市场竞争中得以生存和发展的重要条件。

在创造产品财富的同时,必然产生一定的经济效益和社会效益。生产的财富应能够满足人们物质生活和精神生活的需要,生产活动本身应能够促进社会健康发展;同时应最大限度地减少生产活动给社会带来负面影响,如对于自然生态环境的破坏、各种各样的污染(其中也包括精神污染)等。

0.1.2 生产过程与分类

1. 生产过程的定义

生产过程是指从原材料投入到成品产出的全过程。除了围绕生产对象展开的加工、装配过程之外,还包括产品设计开发、原材料购买、产品出厂后的售后服务,以及各个过程的组织管理等职能部门的工作劳动。其中与原材料变为成品直接有关的过程,称为直接生产过程,是生产过程的主要部分。而与原材料变为产品间接有关的过程,如生产准备、运输、保管、机床与工艺装备的维修等,称为辅助生产过程。

2. 生产过程的分类

生产过程通常根据被研究的对象和范畴,分为产品生产过程、部件或零件生产过程、工厂生产过程。下面简单介绍产品生产过程和工厂生产过程。

1) 产品生产过程

产品生产过程是指围绕着某种完整的产品而展开的生产过程。它通常包括工艺过程、检验过程、运输过程、等待停歇过程、组织管理过程以及自然过程。

在整个产品生产过程中,根据职能和功能需求的不同,生产过程划分为以下四个过程。

(1) 技术准备过程: 产品设计、工艺设计、工艺装备的设计与制造、标准化工作、定额工作、调整劳动组织和设备的平面布置、原材料与协作件的准备等。

(2) 基本生产过程: 与构成产品直接有关的生产活动,包括毛坯制造,工件的粗、精加工,热处理,表面处理以及部件与整机的装配、检验等。

(3) 辅助生产过程: 为保证基本生产而进行的生产和智能过程,包括动力工具的生产、设备维修以及维修用备件的生产、热处理、质量检验等过程。

(4) 生产服务过程: 物流工作,包括供应、运输、仓库等管理活动,以及产品销售与售后服务。

2) 工厂生产过程

工厂生产过程是指在工厂企业范围内全部生产活动协调配合的运行过程。在专业化生产条件下,通常一种产品的生产过程需要若干个工厂生产过程的协调合作。

对于生产有形产品的企业,根据其物流过程的特点,可将工厂生产过程分为连续型生产、离散型生产和混合型生产三种形式。

(1) 连续型生产 如石油、化工、冶金等企业,其生产方式为连续型,即从原材料到成品的转变过程呈流水方式,连续不断,工序之间通常无在制品存储,生产的产品、工艺流程及生产设备均相对固定,生产设备 24h 不间断运行。

(2) 离散型生产 如机械、电子、轻工等企业,其生产的产品由离散的、相互联系的零部件组装而成。此类生产的转变过程较复杂,生产工序及中间环节较多,工序之间有在制品存储,产品生产周期长,生产管理难度较大。

(3) 混合型生产 如食品、造纸等企业,兼有上述两种生产类型的特点。

0.1.3 产品制造的含义

制造是人类最主要的生产活动之一。制造的英文单词是“Manufacture”,它起源于两个拉丁文单词 manus(手)和 factus(做);它的起源准确地反映了几百年来人们对制造的理解,即用手来做。制造是指人类按照所需目的,运用主观掌握的知识和技能,通过手工或可以利用的客观的物质工具与设备,采用有效的(物理或化学)方法,将原材料转化为有使用价值的物质产品并投放市场的全过程。显然,机械制造过程是通过一系列工艺操作(加工、装配),改变毛坯材料的形状、尺寸、性能或者与其他零件结合,将材料变成具有更大价值的物品。“制造”增加了材料的价值,即材料通过作用在它上面的制造而增值。

离散型生产企业,通常称为“制造企业”。制造可以理解为离散型生产,即制造也是一个输入输出系统,其输入也是生产要素,输出是具有离散特征的产品。这是广义“制造”的概念,包括从市场分析、经营决策、工程设计、加工装配、质量控制、销售运输直至售后服务的全过程。

在某些情况下,制造及制造过程被理解为从原材料或半成品经加工或装配后形成最终产品的具体操作过程,包括毛坯制作、零件加工、检验、装配、包装、运输等。这是狭义“制造”的概念,主要考虑企业内部生产过程中的物流,而较少涉及生产过程中的信息流。

0.1.4 制造技术

制造技术是完成产品生产活动所需的各种手段的总和,这些手段包括运用一定的知识和技能,操纵可以利用的物质和工具,采取各种有效的方法等。制造技术是制造企业的技术支柱,是制造企业持续发展的根本动力。

随着人类技术的发展,制造技术经历了多次革新,如 Eli Whitney(1766—1825)提出公差与可交换概念; Henry Ford(1863—1915)发明装配生产线模式; 而进入 20 世纪,诞生了更多的制造技术发明(如数控、机器人、FMS、RP 等)。现代机械制造业的发展,取决于制造技术的发展水平,特别是在市场经济条件下,它是以柔性生产、快速反应、短生产周期、多规格品种和产品更新换代频繁为主要特征。制造技术支持着制造业的健康发展,先进的制造技术使一个国家的制造业乃至国民经济处于有竞争力的地位。忽视制造技术的发展,就会导致经济发展走入歧途。生产工具的使用和不断完善,加速社会的发展与进步。

与制造概念相对应,制造技术也有广义和狭义之分。广义理解制造技术涉及生产活动各个方面和全过程,是一个从产品概念到最终产品的集成活动和系统,是一个功能体系和信息处理系统。

0.1.5 工艺过程

工艺过程是指在生产过程中,通过直接或按一定顺序逐步改变生产对象的形状、相互位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程。工艺过程是生产过程的主要部分。工艺过程又可分为铸造、锻造、冲压、焊接、热处理、机械加工、装配、涂装等工艺过程。

机械产品制造工艺过程一般包括毛坯制造工艺过程、零件机械加工工艺过程和机器装配工艺过程。其中毛坯制造过程涉及的工艺方法多数属于热加工的范畴,如铸造、锻造、冲压和焊接等。

机械加工工艺过程(以下简称加工过程)是指采用机械加工的方法,直接改变毛坯的形状、尺寸、表面质量等,使其成为零件的工艺过程。从广义上来说,电加工、超声波加工、电子束、离子束等非常规加工也属于加工过程。加工过程直接决定零件和机械产品的质量,对产品的成本和生产率都有较大影响,是整个工艺过程的重要组成部分。

在机械加工工艺过程中,刀具与工件之间的关系直接影响工件的加工精度,而金属切削机床和夹具分别确定刀具和工件的位置关系,因此,金属切削机床、夹具、刀具和工件构成了一个完整的机械加工工艺系统,通常简称为工艺系统。

在机器生产过程中,按照规定的顺序和技术要求,通过改变零件之间的相互位置关系和配合状态,实现零件之间的组合和连接,使之成为部件或机器的工艺过程,称为机器装配工艺过程。

0.2 机械制造业在国民经济中的地位及其发展

0.2.1 机械制造业在国民经济中的地位

1. 制造业

制造业是所有与制造有关的行业的总体。制造业为国民经济各部门和科技、国防提供技术装备,是整个工业、经济与科技、国防的基础,是现代化的动力源,是现代文明的支柱。人类从原始社会使用石器到现在应用现代化的机器装备和先进的工艺技术,逐步加强了控制自然、开发和利用自然的能力。制造业为人类创造着辉煌的物质文明。

制造业是一个国家的立国之本。工业化国家中以各种形式从事制造活动的人员约占全国从业人数的 1/4。美国约 68% 的财富来源于制造业,日本国民生产总值的约 50% 由制造业创造,我国的制造业在工业总产值中占了约 40%。

2. 机械制造业

机械制造业是制造业的最主要的组成部分,它是为用户创造和提供机械产品的行业,包括了机械产品的开发、设计、制造生产、流通和售后服务全过程。

在整个制造业中,机械制造业占有特别重要的地位。因为机械制造业是国民经济的装备部,它以各种机器设备供应和装备国民经济的各个部门,并使其不断发展。国民经济各部门的生产水平和经济效益在很大程度上取决于机械制造业所提供的装备的技术性能、质量和可靠性。国民经济的发展速度,在很大程度上取决于机械制造工业的技术水平的高低和发展速度。从总体上来讲,机械制造业是国民经济中的一个重要组成部分。因而,各发达国家都把发展机械制造业放在突出的位置。

机械制造技术水平的提高与进步将对整个国民经济的发展及科技、国防实力产生直接的作用和影响,是衡量一个国家科技水平的重要标志之一,在综合国力竞争中具有重要的地位。

纵观世界各国,任何一个经济强大的国家,无不具有强大的机械制造业,许多国家的经济腾飞,机械制造业功不可没。其中,日本最具有代表性。第二次世界大战后,日本先后提出“技术立国”和“新技术立国”的口号,对机械制造业的发展给予全面的支持,并抓住机械制造的关键技术——精密工程、特种加工和制造系统自动化,使日本在战后短短 30 年里,一跃成为世界经济大国。与此相反,美国自 20 世纪 50 年代后,在相当一段时间内忽视了制造技术的发展。美国政府历来认为生产制造是企业界的事,政府不必介入。而美国学术界则只重视理论成果,忽视实际应用,一部分学者还错误地主张应将经济重心由制造业转向高科技产业和第三产业,结果导致美国经济严重衰退,竞争力明显下降,在汽车、家电等行业被日本赶超。直到 20 世纪 80 年代初,美国开始认识到问题的严重性。白宫的一份报告指出:美国政府在进行深刻反省之后,重新树立制造业的地位,并对制造业给予实质性的和强有力的支持,制定并实施了一系列振兴美国制造业的计划,效果十分明显。至 1994 年,美国汽车产

量重新超过日本,并重新占领了欧美市场。

0.2.2 机械制造业的发展

人类文明的发展与制造业的进步密切相关。早在石器时代,人类就开始利用天然石料制作工具,用其猎取自然资源为生。到了青铜器和铁器时代,人们开始采矿、冶金、铸锻工具,并开始制作纺织机械、水利机械、运输车辆等。

直至 18 世纪 70 年代,以瓦特改进蒸汽机为代表引发了第一次工业革命,产生了近代工业化的生产方式,机器生产方式逐步取代手工劳动方式,机械制造业逐渐形成规模。19 世纪中叶,电磁场理论的建立为发电机和电动机的产生奠定了基础,从而迎来了电气化时代。以电力作为动力源,使机械结构发生了重大变化。与此同时,互换性原理和公差制度应运而生。所有这些使机械制造业发生了重大变革,机械制造业进入快速发展时期。

20 世纪初,内燃机的发明,使汽车开始进入欧美家庭,引发了机械制造业的又一次革命。流水生产线的出现和泰勒科学管理理论的产生,标志机械制造业进入“大批量生产”(mass production)时代。以汽车工业为代表的大批量自动化生产方式使得生产率获得极大提高,机械制造业有了更迅速的发展,并开始成为国民经济的支柱产业。

第二次世界大战后,电子计算机和集成电路的出现,以及运筹学、现代控制论、系统工程等软科学的产生和发展,使机械制造业产生了一次新飞跃。传统的大批量生产方式难以满足市场多变的需要,多品种、中小批量生产日渐成为制造业的主流生产方式。传统的自动化生产方式只有在大批量生产的条件下才能实现,而数控机床的出现使中、小批量生产自动化成为可能,科学技术的高速发展,促进了生产力的进一步提高。

伴随着计算机出现,机械制造自动化从刚性自动化向柔性自动化方向发展:自动化专机→自动化生产线(automatic production line)→数控机床(CNC)→加工中心(MC)→柔性加工单元(FMC)→柔性制造系统(FMS)。同时机械设计、工艺规程编制、计算机辅助数控加工编程、车间调度、车间和工厂管理、成本核算等都用计算机管理,这样出现了计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)一体化。

20 世纪 80 年代以来,信息产业的崛起和通信技术的发展加速了市场的全球化进程,市场竞争呈现新的方式,更加激烈。为了适应新的形势,在机械制造领域提出了许多新的制造哲理和生产模式,如计算机集成制造(CIM)、精益生产(LP)、快速原型制造(RPM)、并行工程(CE)、敏捷制造(AM)等。

20 世纪 90 年代,随着互联网的出现及应用,提出了敏捷制造(或网络制造)的新制造模式。应用互联网,可使不同地区的单位间实现快速大信息量的传输交流,使机械制造业可以将不同地区的工厂、设计单位和研究所通过互联网组合在一起,分工协作,发挥各单位的特长,共同开发、研制并生产大型新产品。敏捷制造是多单位的协作生产(有一个单位是主持的主导单位),可以包含基层单位中的局部的计算机控制管理自动化(CIMS)、FMS、CAD/CAM,可以灵活机动地采用虚拟制造、虚拟装配、并行工程等各种先进工艺和管理方法,最终达到快速、优质、低成本地进行生产或研制新产品的目的。

波音 777 大型民用客机的研制是综合应用敏捷制造的实例。美国研制波音 777 大型民

用客机是以西雅图为中心,集中南北 51mile,11 个地区的多个工厂、研究所协作研制,参加人员包含制造商、供应商、用户等共 7000 多人。全部研制工作中实现无图纸生产,采用各种计算机控制管理、虚拟设计和虚拟制造、并行工程、CAD/CAM 一体化技术等一切能采用的自动化设计、制造、管理等生产办法。最后,波音 777 大型民用客机一次研制试飞成功,全部设计研制周期仅 27 个月。而此前,同样复杂程度的波音 767 大型民用客机的研制周期为 40 个月。

计算机技术的发展,提出了计算机仿真和虚拟制造,CAD/CAM 技术得到加强,可以在计算机上进行加工过程碰撞仿真、加工精度仿真、调度仿真、制造过程仿真(虚拟制造)和装配过程仿真(虚拟装配),对机械制造业中的设计、制造、调度管理都有极大帮助。

进入 21 世纪,机械制造业向自动化、柔性化、集成化、智能化和清洁化的方向发展。现代机械制造技术发展的总趋势是机械制造技术与材料科学、电子科学、信息科学、生命科学、环保科学、管理科学等交叉、融合。在机械制造业,综合考虑社会、环境、资源等可持续发展因素的绿色制造技术将朝着能源与原材料消耗最小、所产生的废弃物最少并尽可能回收利用、在产品的整个生命周期中对环境无害等方面发展。

0.2.3 我国机械制造业面临的挑战和机遇

我国是一个世界文明古国,机械制造具有悠久的历史。考古研究发现,早在 50 万年以前的远古时代就已开始使用石器和钻木取火的工具,如图 0-2 所示为弓形钻,它由燧石钻头 4、钻杆 3、窝座 1 和弓弦 2 等组成。往复拉动弓便可使钻杆转动,用来钻孔、扩孔和取火。公元前 16 世纪—公元前 11 世纪的商代,我国已出现可转动的琢玉工具,如图 0-3 所示为古代的钻床。车(旋)削加工和车床雏形在我国出现早于欧洲近千年。到了明代(公元 1368—1644 年),在古天文仪器加工中,已采用铣削和磨削加工方法(如图 0-4 所示),并出现了铣床、磨床和刀刃刃磨机(见图 0-5)的雏形。公元 2 世纪六七十年代,创造了木制齿轮,应用了轮系原理,成功地研制了以水为动力的机械,用于加工谷物。但是,近代近两个世纪帝国主义的侵入和腐朽半封建、半殖民地社会制度,严重束缚了中国社会的发展。至中华人民共和国成立前夕,中国的机械制造业几乎为零。

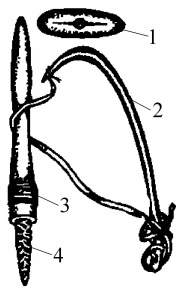


图 0-2 弓形钻

1—窝座; 2—弓弦; 3—钻杆; 4—钻头

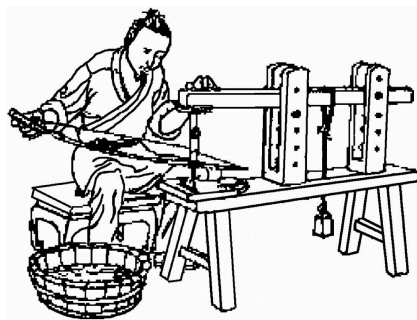


图 0-3 古代钻床

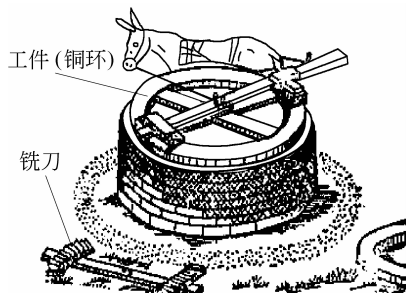


图 0-4 1668 年天文仪器上铜环的铣削和磨削

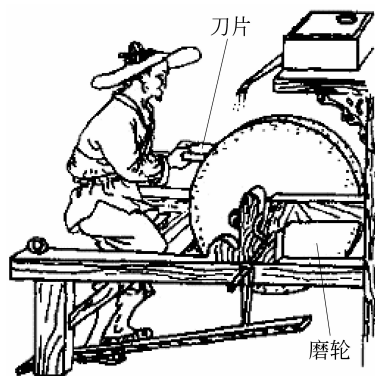


图 0-5 古代脚踏刃磨机

新中国成立以来,我国建立了自主独立、门类齐全的轻工业、重工业和机械制造业,机床装备制造业、汽车工业、航天航空工业等技术难度较大的机械制造工业得到快速发展,取得了举世瞩目的成就。2003 年以来,我国先后自行设计制造发射了神舟载人飞船。2011 年 9 月 29 日在酒泉卫星发射中心发射我国第一个目标飞行器——天宫一号,如图 0-6 所示。2011 年 11 月 3 日顺利实现与神舟八号飞船的对接任务。2012 年、2013 年,神舟九号、神舟十号飞船依次与天宫一号完成自动和人工交会对接任务,2013 年 12 月 14 日,我国嫦娥 3 号登月探测器成功实现在月球表面的软着陆,图 0-7 为着陆器与月球车互拍传回的照片。标志着我国制造技术已经发展到新的水平。



图 0-6 天宫一号发射的场景

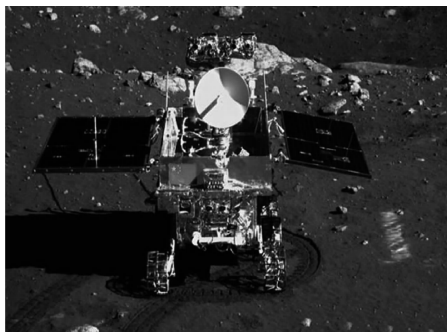
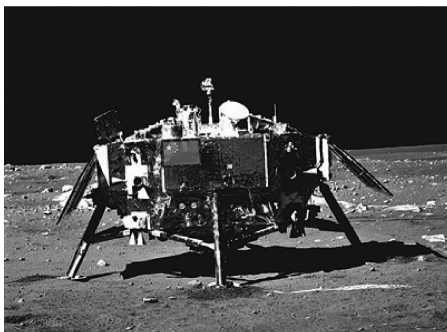


图 0-7 嫦娥 3 号着陆器与月球车互拍照片

目前我国机械工业无论是行业规模、产业结构、产品水平,还是国际竞争力都有了大幅度的提升。我国的机械制造业已具有相当规模和一定的技术基础,成为我国工业体系中最大的产业之一。

2010 年机械工业增加值占全国 GDP 的比重已超过 9%; 在全国工业中的比重从 16.6% 提高到 20.3%; 规模以上企业已达 10 万多家,比“十五”末增加了近 5 万家,从业人

员达到 1752 万人,资产总额已达到 10.4 万亿元,比“十五”末翻了一番。2009 年,我国机械工业销售额达到 1.5 万亿美元,超过日本的 1.2 万亿美元和美国的 1 万亿美元,跃居世界第一,成为全球机械制造第一大国。但是,中国的制造业大而不强,仍然是一个制造技术水平较低的国家。与工业发达国家相比,我国机械制造业的水平还存在明显的差距,主要表现为产品质量和技术水平不高,自主知识产权的产品少,而且制造技术落后,基础零部件和基础工艺不过关,技术创新能力落后,制造业的劳动生产率低,市场竞争力不强,产业主体技术仍然依赖国外,产品开发能力和科技投入不足,装备制造业缺乏核心技术,低水平的生产能力过剩、高水平的生产能力不足等。由于产品结构和生产技术相对落后,致使我国许多高精尖设备和成套设备仍需要大量进口,我国机械制造业人均产值仅为发达国家的几十分之一。

随着科技、经济、社会的日益进步和快速发展,日趋激烈的国际竞争及不断提高的人民生活水平对机械产品在性能、价格、质量、服务、环保及多样性、可靠性、准时性等方面提出的要求越来越高,对先进的生产技术装备、科技与国防装备的需求越来越大,机械制造业面临着新的发展机遇和挑战。当今,制造业的世界格局呈现欧、亚、美三分天下的局面,世界经济重心和制造中心开始向亚洲转移,制造业的产品结构、生产模式在迅速变革之中。所有这些都又给我国的机械工业带来了难得的发展机遇。挑战与机遇并存,面对挑战,我们应当抓住机遇,励精图治,奋发图强,提高中国机械制造工业企业的“核心竞争力”,建立起在企业核心资源基础之上的企业智力、技术、产品、管理、文化的综合优势,使企业在市场上长期保持竞争优势,使我国的机械制造业在不太长的时间内,赶上世界先进水平。

0.3 机械工艺师的基本工作内容和知识

现代机械制造领域中,产品质量是一个综合性问题,与设计、工艺技术、管理和人员素质等诸多因素有关,但与工艺技术的关系最为密切。从事工艺工作的工程技术人员必须具有全面的机械专业的基础知识和专业技能。

1. 工厂里工艺师的工作内容

(1) 制定机械零件的加工工艺规程 熟悉并能熟练分析产品图和零件图的技术信息;熟悉产品验收的质量标准和检验方法;选择毛坯和确定毛坯的制造工艺方法;拟定零件机械加工工艺路线;确定机械加工设备及其工艺装备;确定工时定额;进行技术经济性分析;编制工艺文件等。

(2) 制定产品的装配工艺规程 根据机器的技术要求,编制机器的装配工艺规程。

(3) 设计专用工艺装备 根据机械制造工艺的要求,专门设计专用机床设备,专用工具、刀具、辅具,专用夹具和量具等工艺装备。

(4) 质量的控制 根据机械制造过程中的具体情况,分析原因,制定措施,解决生产中的质量问题。

2. 工艺师具备的基本知识

从事工艺工作的工程技术人员,应当具备机械原理和机械设计的专业知识;系统掌握

金属切削机床和刀具的知识,机械制造热加工、冷加工工艺的知识,质量管理和控制的知识,熟练运用计算机的相关知识,有关技术经济型分析的方法;具备一定的行业实践经验;具有一定的组织能力和技术指导能力,运用专业知识发现问题、分析问题、解决问题的能力。

0.4 本课程的内容、特点和学习方法

在我国目前的教学体系中,将本课程的主要研究内容划分为以金属切削和机器装配过程为主的工艺过程;而机械制造过程中的热加工工艺部分则在“金属工艺学”和“机械制造基础”课程中去研究。机械制造工艺学的研究对象就是针对机械产品冷加工以及装配中的共同规律。

0.4.1 本课程的内容

本课程主要介绍机械产品的生产过程及生产活动的基本知识、机械加工和机械装配过程及其系统,机械制造过程及其基本规律,工艺装备(专用机床、量具、夹具)的基本知识以及制造技术发展的前沿与趋势。本课程的主要内容有:

(1) 机械制造过程的基础知识 介绍有关机械加工工艺过程和机械装配工艺过程的基本概念,机械加工工序与余量,工件的定位与装夹原理,夹具、量具的基本知识,零件结构工艺性等。

(2) 机械加工工艺过程 介绍机械加工工艺过程设计的原则与方法,重点论述工艺过程设计中的主要问题,包括:定位基准的选择,加工路线的拟定,工序尺寸及公差的确,加工过程尺寸链,机械加工工艺过程的经济性问题等。

(3) 数控加工工艺技术 介绍数控加工的工艺特点,制定数控加工工艺规程的基本思路,数控加工工艺装备的特点等。

(4) 工件定位原理与金属切削机床夹具 主要介绍工件在加工中的定位原理,机床夹具的基本构成和结构设计相关的基本知识。

(5) 典型零件加工工艺技术 主要介绍典型零件的加工工艺路线的特点,定位基准和加工方法以及加工顺序安排等方面的规律性。

(6) 检测技术和专用量具、检验规程 主要介绍测量与检验机理,影响测量精度和测量误差的因素,专用量具的设计原理,通用量具的合理选择等。

(7) 机械加工精度及加工表面质量 包括加工质量的概念,影响加工精度因素的分析与控制,影响加工质量因素的分析与控制,加工误差的统计分析方法,机械加工中的振动与预防,提高机械加工质量的途径与方法。

(8) 机器的装配工艺 主要介绍基于装配尺寸链的装配方法和装配工艺过程设计的主要问题,并简要介绍装配工艺的编制。

(9) 非常规加工技术 主要介绍制造过程中常用的非常规加工技术,如电火花加工、光机电一体化加工技术、快速原型制造技术等。

(10) 机械制造技术和制造模式 主要论述当前机械制造技术和制造模式的特点和发