



21世纪高职高专机械类应用型规划教材

机械制造工艺学

主 编 张冬梅
副主编 孟 超 白 玲

JIXIEZHIZAO
GONGYIXUE



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 提 要

本书是根据教育部高职高专机械类专业规划教材建设的精神,结合教学基本要求编写的。本书遵循教材内容与生产实践相结合的基本原则,突出应用性,适应目前教学改革的需要。主要内容包括机械加工工艺规程的制定、机械加工精度、机械加工表面质量、典型零件的加工、装配工艺基础、机床夹具、现代制造技术。

本书可作为高职高专机械类及近机类专业的教材,也可作为从事机械制造业的工程技术人员参考书和培训材料。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺学/张冬梅主编.--北京:北京邮电大学出版社,2011.1

ISBN 978-7-5635-2545-4

I. ①机… II. ①张… III. ①机械制造工艺—高等学校:高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 264523 号

书 名: 机械制造工艺学

主 编: 张冬梅

责任编辑: 刘春棠

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 18.75

字 数: 462 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2545-4

定 价: 34.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

机械制造工艺学是机械类、近机类各专业的一门重要的专业技术基础课。为了适应新形势下高职高专人才的培养需求,我们在总结专业教学实践和工程实践经验的基础上编写了本书。由于机械制造工艺学是与生产实践联系密切的课程,有些内容较为难懂,本书编写力求使教师容易教,学生易懂,便于学生获取实用性强的知识。

本书内容完整,实例丰满,简明扼要,实用性强,突出强调机械加工工艺规程编写能力的培养与训练。主要特点如下。

(1) 体系完整,结构合理。在章节安排和内容阐述上,一方面保持知识体系的完整性;另一方面努力使知识阐述更加循序渐进,更加符合学生的认知规律,并富有启发性。

(2) 强调应用性和能力的培养。本书配有较多的实例分析,每章后附有思考题,以培养学生综合分析问题和解决问题的能力。

(3) 注重能力,突出实用。针对当今社会对人才的需求,为加强对学生能力的培养,书中实例多取之于生产现场,有些还是编者在生产实践中的经验积累,理论联系实际,具有较强的实用性。

(4) 将机床夹具设计内容融入机械制造工艺中,使二者有机结合,既压缩了原来的学时,又不降低要求,较好地解决了以往采用两本教材时出现的重复、矛盾等问题。

本书由焦作大学张冬梅担任主编,孟超、白玲担任副主编。参加本书编写的有张冬梅(绪论、第2章和4.2节)、孟超(第1章)、白玲(4.1节和第5章)、焦作制动器股份有限公司贺莉敏(第3章)、焦作万方铝业股份有限公司聂小丹(4.3节和4.4节)、濮阳职业技术学院张路霞(第6章)和安阳职业技术学院冀慧(第7章)。本书由张冬梅统稿和定稿。

本书由河南理工大学刘传绍教授主审,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
思考题	4
第 1 章 机械加工工艺规程的制定	5
1.1 基本概念	5
1.1.1 工艺过程	5
1.1.2 工艺过程的组成	5
1.1.3 获得加工精度的方法	7
1.1.4 工艺规程的作用	8
1.1.5 制定机械加工工艺规程的原则	8
1.1.6 制定机械加工工艺规程的原始资料	9
1.1.7 制定机械加工工艺规程的步骤	9
1.2 机械加工工艺规程的格式	9
1.3 零件的工艺分析	12
1.4 毛坯的选择	15
1.5 定位基准的选择	19
1.5.1 基准及其分类	19
1.5.2 定位基准的选择	20
1.6 工艺路线的拟定	23
1.6.1 加工方法和加工方案的选择	23
1.6.2 加工阶段的划分	26
1.6.3 工序集中与工序分散	27
1.6.4 加工顺序的确定	28
1.7 加工余量的确定	29
1.7.1 加工余量的概念	29
1.7.2 影响加工余量的因素	31
1.7.3 确定加工余量大小的方法	31
1.8 工序尺寸及其公差的确	31
1.8.1 基准重合时工序尺寸及其公差的计算	32
1.8.2 基准不重合时工序尺寸及其公差的计算	32
1.8.3 工艺尺寸链的分析与计算	35
1.9 机械加工生产率和技术经济分析	39

1.9.1 机械加工生产率分析	39
1.9.2 工艺过程的技术经济分析	41
1.9.3 机床的选择	43
1.9.4 工艺装备的选择	43
1.9.5 切削用量的确定	44
思考题	44
第2章 机械加工精度	49
2.1 概述	49
2.1.1 加工精度与加工误差	49
2.1.2 影响加工精度的因素	49
2.1.3 原始误差与加工误差的关系	50
2.1.4 研究加工精度的方法	50
2.2 工艺系统的几何误差	51
2.2.1 加工原理误差	51
2.2.2 机床几何误差	51
2.2.3 其他几何误差	57
2.3 工艺系统的受力变形	58
2.3.1 基本概念	58
2.3.2 工艺系统受力变形对加工精度的影响	60
2.3.3 机床刚度测定	65
2.3.4 影响机床部件刚度的因素	67
2.3.5 减少工艺系统受力变形的措施	68
2.4 工艺系统的热变形	71
2.4.1 概述	71
2.4.2 机床热变形引起的加工误差	72
2.4.3 工件热变形引起的加工误差	74
2.4.4 刀具热变形引起的加工误差	74
2.4.5 减少和控制工艺系统热变形的途径	75
2.5 工件残余应力引起的误差	77
2.6 加工误差的统计分析	78
2.6.1 加工误差的分类	78
2.6.2 加工误差的统计分析法	79
2.7 提高和保证加工精度的途径	87
思考题	88
第3章 机械加工表面质量	90
3.1 机械加工表面质量对零件使用性能的影响	90
3.1.1 机械加工表面质量的含义	90

3.1.2 加工表面质量对机器零件使用性能的影响·····	92
3.1.3 表面完整性的概念·····	93
3.2 影响表面粗糙度的工艺因素及改善措施·····	94
3.3 影响零件表面层物理力学性能的因素及改善措施·····	95
3.3.1 表面层的加工硬化·····	95
3.3.2 表面层的残余应力·····	96
3.3.3 表面层金相组织变化与磨削烧伤·····	98
3.3.4 提高和改善零件表面层物理力学性能的措施·····	99
3.4 工艺系统的振动·····	101
3.4.1 概述·····	101
3.4.2 强迫振动·····	102
3.4.3 自激振动·····	105
思考题·····	110
第4章 典型零件的加工·····	111
4.1 轴类零件的加工·····	111
4.1.1 概述·····	111
4.1.2 外圆表面常用的加工方法·····	113
4.1.3 典型轴类零件加工工艺过程与工艺分析·····	120
4.1.4 其他典型表面的加工方法·····	128
4.1.5 曲轴加工·····	130
4.2 套筒零件加工·····	133
4.2.1 概述·····	133
4.2.2 内孔表面的加工方法·····	135
4.2.3 孔的光整加工方法·····	143
4.2.4 孔加工方案及其选择·····	144
4.2.5 套筒零件加工工艺过程与工艺分析·····	145
4.3 箱体加工·····	147
4.3.1 概述·····	147
4.3.2 平面加工方法和平面加工方案·····	149
4.3.3 箱体零件的结构工艺性·····	152
4.3.4 箱体孔系的加工方法·····	153
4.3.5 箱体类零件机械加工工艺过程与工艺分析·····	157
4.4 圆柱齿轮加工·····	163
4.4.1 概述·····	163
4.4.2 齿轮的材料、热处理和毛坯·····	165
4.4.3 齿形加工方法·····	167
4.4.4 齿轮精加工方法·····	168

4.4.5 齿轮的机械加工工艺过程与工艺分析	171
思考题	177
第5章 装配工艺基础	180
5.1 概述	180
5.1.1 装配的基本概念	180
5.1.2 装配精度	182
5.2 机器结构的装配工艺	183
5.3 装配尺寸链	186
5.4 保证装配精度的装配方法及其选择	188
5.5 装配工作方法 with 典型部件的装配	194
5.5.1 装配前的准备工作	194
5.5.2 装配的一般工艺要求	194
5.5.3 典型部件装配	195
5.6 装配工艺规程的制定	201
思考题	202
第6章 机床夹具	203
6.1 机床夹具的组成、作用和分类	203
6.1.1 机床夹具的组成	203
6.1.2 机床夹具的作用	204
6.1.3 机床夹具的分类	205
6.2 定位方法和定位元件	206
6.2.1 工件定位方案的确定和对定位元件的要求	206
6.2.2 常用定位方法和定位元件	208
6.2.3 定位误差的分析与计算	216
6.3 工件的夹紧	221
6.3.1 夹紧装置的基本要求及组成	221
6.3.2 实施夹紧力和布置夹紧点的基本原则	222
6.3.3 基本夹紧机构	224
6.4 夹具的其他装置	232
6.4.1 导向装置	232
6.4.2 对刀装置	237
6.4.3 分度装置	238
6.4.4 夹具体	240
6.4.5 夹具在机床上的安装	242
6.5 专用夹具的设计方法	245

6.5.1 对机床夹具的基本要求	245
6.5.2 专用夹具的设计步骤	245
6.5.3 专用夹具设计举例	247
思考题	250
第7章 现代制造技术	252
7.1 概述	252
7.1.1 现代机械制造技术的产生	252
7.1.2 现代机械制造技术的特点	252
7.1.3 现代机械制造技术的发展趋势	253
7.1.4 先进制造技术	253
7.2 精密加工与超精密加工	257
7.2.1 概述	257
7.2.2 精密和超精密切削加工	259
7.2.3 精密磨料加工	260
7.2.4 微细加工技术	261
7.3 特种加工方法	264
7.3.1 特种加工方法概述	264
7.3.2 电火花加工	265
7.3.3 电解加工	267
7.3.4 高能束加工	268
7.3.5 超声波加工	271
7.4 机械制造系统的自动化技术	272
7.4.1 成组技术	272
7.4.2 计算机集成制造	280
7.4.3 并行工程	283
7.4.4 敏捷制造	286
思考题	287
参考文献	288

绪 论

1. 机械制造业在国民经济中的地位和作用

机械制造是各种机械、机床、工具、仪器、仪表制造过程的总称。机械制造技术是研究这些机械产品的加工原理、工艺过程和方法以及相应设备的一门工程技术。机械制造技术的发展水平和它所提供的专用和通用设备,从一定意义上讲,决定着其他产业的发展水平。

从人类的起源开始,制造就与我们的日常生活息息相关。制造是创造人类物质财富的源泉。原材料经过制造就变成具有一定功能的零件,简单的产品由单个零件组成,如螺钉、螺母等,而绝大多数产品如自来水笔、洗衣机、冰箱、汽车的发动机、大型飞机等,需要先制造出几个到几百个甚至几百万个零件后,再经过装配制造而成。

所有产品的制造都要从产品的设计、原材料的选择到根据企业所具备的生产工具和条件安排如何将其变成所需要的产品等方面着手。在现代生活中,制造业是全面建设小康社会的支柱产业,也是国家高技术产业的基础和国家安全的重要保障。在这个领域中,聚集了当代科学技术发展的成果,也是当代科学技术在实际应用中的体现。它更是市场产品更新、生产发展、市场竞争的重要手段。

机械制造业是国民经济的基础和支柱,是向其他各部门提供工具、仪器和各种机械技术装备的行业。机械制造业的发展水平是衡量一个国家经济实力和科学技术水平的重要标志之一,因为有些产品虽然可以设计出来,但由于制造水平的限制,很难制造出达到产品设计所需要的功能的水平。一个国家经济的独立性和工业自力更生的能力也在很大程度上取决于制造技术水平。在国际国内的激烈竞争中,一个企业如果具有适应市场要求的快速响应能力,并能为市场提供优质的产品,就具备了市场竞争能力非常重要的因素,而快速响应市场的能力和产品质量的提高主要取决于企业的制造技术水平。因此,一个国家的制造技术水平越高,其人民的生活水平就越高。当今制造业不仅是科学发现和技术发明转换为现实规模生产力的关键环节,而且已成为为人类提供生活所需的物质财富和精神财富的重要基础。制造业在社会中的作用如图 0-1 所示。

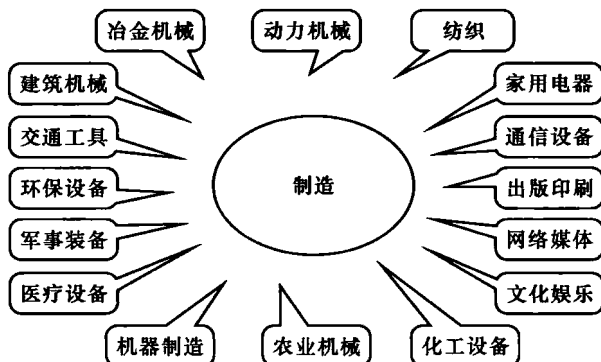


图 0-1 制造业在社会中的作用

在美国,60%以上的财富来源于制造业,约有 1/4 的人口从事制造业,在非制造业部门中又有约半数人员的工作性质与制造业密切相关。

制造过程不仅包含将原材料直接改变形状和尺寸的加工过程,也包含将其变为具有特定功能且可以使用的产品的过程,更重要的是通过制造可以使原材料具有一定的附加值,从而在市场中获得利润。例如,作为原材料的黏土原本具有的价值有限,但是当黏土经过制造变成可以切削加工金属的陶瓷刀具或电气绝缘产品后,其附加值大大提高。有些原材料经过制造会成为高附加值的产品,如计算机芯片、齿轮和发动机箱体零件等。因此,通过机械制造可以创造价值。

机械制造过程是一个较复杂的过程,其涉及范围广且内容丰富。它不但包括产品设计、加工设备及工具的使用,还包括生产调度、材料的选用、原材料及设备采购、制造工艺的安排、生产过程控制、营销策略、交货方式和售后服务等。

2. 机械制造业的发展现状及趋势

经过半个多世纪的努力,尤其是改革开放以来,通过引进吸收与自主开发,我国的机械工业已经基本形成门类齐全、具有相当规模及技术开发能力的支柱产业。产业结构正向着合理化方向发展,先进的制造技术不断在生产中应用推广,机电及相关高效技术产品生产基地正在逐步形成,其突出表现在以下方面。

(1) 大型成套设备的装备能力提高。例如,我国已能自行设计制造 60 万千瓦的火力发电机组、70 万千瓦的水力发电机组、500 万吨的大型钢铁成套设备等。通过引进技术的消化吸收,一批先进的高精密制造技术也在我国生产中得到应用和普及。

(2) 新产品的开发水平提高。大批重点骨干企业在关键工序增加了先进、精密、高效的关键设备,从而进入高技术开发企业的行列;研制出如超重型数控龙门铣、高精度五轴数控镗铣床、SX-T 大规模集成电路光栅数显仪、大吨位超重水压机等;制造技术水平不断提高,船舶制造精度可达 $5\text{ }\mu\text{m}$,高精度外圆磨达 $0.25\text{ }\mu\text{m}$,表面粗糙度 R_a 达 $0.08\text{ }\mu\text{m}$,精密及超精密加工精度已达到亚微米级和亚纳米级,形成完整的先进数控机床、新型刀具开发的制造体系。

(3) 国防建设及装备的能力提高。我国已成功发射各种功能用途的人造卫星,且卫星发射已成功进入市场运行机制,神舟 5 号、神舟 6 号的成功发射赢得了广泛的国际声誉,我国还为其他国家成功发射多颗各种用途的卫星。

目前,我国已基本建立社会主义市场经济体制。全球性的产业结构重新组合和国际分工不断深化,科学技术在突飞猛进地发展,各国都把提高产业竞争能力及发展高新技术、抢占未来经济的制高点作为科技工作的主攻方向。在机械制造技术方面,我国与世界各国的联系日益紧密,中国市场与国际市场进一步接轨,面对国内外市场的激烈竞争,我国企业对技术的需求更加迫切和强烈。努力找出我们的差距和任务,才能够在制造工艺技术与管理水平上提高自己的竞争力。与工业发达国家相比,我国的机械制造业仍存在整体发展不均衡的差距,集中表现为整体制造技术水平在设计方法和手段、制造工艺、制造过程自动化技术及管理技术诸方面都明显落后。为了提高整体制造技术水平,首先要重视工艺,要按经济规律组织生产,不断提高生产管理水平,处理好质量、生产率和经济性之间的关系,找出三者最佳的切合点。不断提高企业的产品自主开发能力,以新兴微电子、光电技术为基础,着力发展重型成套设备装备能力,提高轿车大批量制造技术的水平,提高生产优质高效的精密仪

器及工艺装备的能力,为新产品的投产及形成规模提供新工艺、新装备,形成合理比例的常规制造技术、先进制造技术及高新技术并存的多层次结构,这将成为我国机械加工技术近期发展的战略任务。

进入 21 世纪,机械制造业正向自动化、柔性化、集成化、智能化和清洁化的方向发展。

3. 机械制造工艺学的研究对象

传统的机械制造工艺学是以机械制造中的工艺问题为研究对象的一门应用型制造技术学科。所谓工艺,是使各种原材料、半成品成为产品的方法和过程;而机械制造工艺是指各种机械的制造方法和过程的总称。所谓机械制造工艺学,就是在深入了解实际的基础上,利用各种基础理论知识(如数学、物理、化学、力学、机械原理和金属切削原理等),经过实事求是的分析对比,找出客观规律,解决面临的工艺问题的学科。

机械制造工艺学的内容极其广泛,包括零件的毛坯制造、机械加工、热处理和产品的装配等。机械制造工艺学的研究范围主要是零件的机械加工和产品的装配两部分。

机械制造工艺学涉及的行业有百余种,产品品种成千上万,其研究的工艺问题可归纳为质量、生产率和经济性三类。

(1) 保证和提高产品质量。产品质量包括整台机械的装配精度、使用性能、使用寿命和可靠性,以及零件的加工精度和加工表面质量。近代,由于宇航、精密机械、电子工业和军工的需要,对零件的精度和表面质量的要求越来越高,相继出现了各种新工艺和新技术,如精密加工、超精密加工和微细加工等,加工精度由 $1\text{ }\mu\text{m}$ 级提高到 $0.1\sim 0.01\text{ }\mu\text{m}$ 级,目前正在向 $1\text{ nm}(0.001\text{ }\mu\text{m})$ 级精度迈进。

(2) 提高劳动生产率。提高劳动生产率的方法有三种:一是提高切削用量,采用高速切削、高速磨削和重磨削。近年来出现了聚晶金刚石和聚晶立方氯化硼等新型刀具材料,其切削速度可达 $1\text{ }200\text{ m/min}$,高速磨削的磨削速度达 200 m/s 。重磨削是高速磨削的发展方向,包括大进给、深切深缓进给的强力磨削、荒磨和切断磨削等。二是改进工艺方法、创造新工艺。例如,利用锻压设备实现少无切削加工,对高强度、高硬度的难切削材料采用特种加工等;三是提高自动化程度,实现高度自动化。例如,采用数控机床、加工中心、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)和无人化车间或工厂等。

成组技术的出现能解决多品种尤其是中、小批生产中存在的生产周期长、生产效率低的问题,也是企业实现高度自动化的基础。

(3) 降低成本。要节省和合理选择原材料,研究新材料;合理使用和改进现有设备,研制新的高效设备等。

对上述三类问题要辩证地、全面地进行分析。要在满足质量要求的前提下,不断提高劳动生产率和降低成本,能以优质、高效、低耗的工艺去完成零件的加工和产品的装配,这样的工艺才是合理的和先进的工艺。

4. 学习本课程的目的与要求

机械制造工艺学是机械制造工艺及设备、机械设计制造及其自动化和机械工程及自动化等专业的一门主要专业课。通过本课程的教学(如课堂理论教学、现场教学、实验和习题等)及有关环节(如生产实习和课程设计等)的配合,学生可以初步掌握分析和解决工艺等制造技术问题的能力及自学工艺理论和新工艺、新技术的能力。具体要求如下。

(1) 掌握机械制造工艺的基本理论(包括定位和基准理论、工艺和装配尺寸链理论、加

工精度和误差分析理论、表面质量和机械振动理论等)和夹具设计方法及典型结构,注重基本概念和理论的具体应用,学会对较复杂零件进行工艺分析和夹具设计的方法。

(2) 具有制定中等复杂零件的机械加工工艺规程、一般产品的装配工艺规程、设计夹具和主管产品工艺的初步能力。

(3) 树立生产制造系统的观点,了解现代(先进)制造技术的新成就、发展方向和一些重要的现代(先进)制造技术,以扩大视野、开阔思路、提高工艺等制造技术水平和增强人才的竞争力及就业能力。

本课程只能涉及工艺理论中最基本的内容,但不管工艺水平发展到何种程度,都和这些基本内容有着密切的关系。因此,要掌握最基本的内容,为今后通过工作实践和继续学习不断增加工艺知识和提高分析、解决工艺等制造技术问题的能力打好基础。

5. 本课程的特点和学习方法

(1) 实践性强。本课程的内容来自生产和实践,而工艺理论的发展又促进和指导生产的发展。学习工艺学的目的在于应用,在于提高工艺水平。因此,要多下工厂、多实践,要重视试验、生产实习和专业实习。有了一定的感性知识,就能容易地理解和掌握工艺学的概念、理论和方法。在学习过程中,要着重理解和掌握基本概念及其在实际中的应用,多做习题和思考题,重视课程设计。不少工艺原则只能用理论概括说明,很难用数学方法揭示其严谨的关系。

(2) 综合性强。传统的制造技术本来面就很广,涉及各类制造方法和过程,如从毛坯制造、热处理到机械加工、表面处理和装配,还涉及设备及工艺装备等“硬件”;而现代(先进)制造技术还要涉及产品设计、管理和市场,甚至经济学等人文学科。各学科间相互渗透、结合、互补和促进是现代科学技术的特点和发展趋势。人才培养必须适应这种要求。为此,课程在理论上和内容体系上要不断改革和完善,要进行多种而不是一种课程组合方案的试验研究。学习时要善于综合运用已学过的专业基础课和专业课,如金属工艺学、机械工程材料、计算机应用技术、电工电子学、检测技术、金属切削原理、工艺装备、液压与气动、金属切削机床、企业管理与技术经济等课程,更深入地接触社会,了解我国的经济政策和亚洲及世界的经济形势,拓宽知识面。这也是制造业全球战略的需要。

(3) 创新意识强。尽管机械制造工艺是千百万机械加工生产第一线的工人、技术人员对机械加工实践的高度概括与总结,但是机械制造与生产现场情况联系非常密切,任何生产条件变化都会使工艺过程发生相应变化,因此生产过程中的创新意识会直接促使工艺过程进一步优化。所以,在教学过程中也应开展创新意识教育,培养学生的创新思维和开拓意识。

思考题

- 0-1 机械工业在国民经济中的地位和作用如何?
- 0-2 如何学习机械制造技术?
- 0-3 从哪几方面来分析研究工艺问题?
- 0-4 为什么要学习本课程?怎样才能学好本课程?

第 1 章 机械加工工艺规程的制定

用表格的形式将机械加工工艺过程书写出来形成的指导性技术文件,就是机械加工工艺规程(简称工艺规程)。它是在具体的生产条件下,以较合理的工艺过程 and 操作方法,按规定的形式书写成工艺文件,经审批后用来指导生产的。其内容主要包括零件加工工序、切削用量、工时定额以及各工序所采用的设备和工艺装备等。

1.1 基本概念

1.1.1 工艺过程

工艺过程是指改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为半成品或成品的过程,它是生产过程的一部分。工艺过程可分为毛坯制造、机械加工、热处理和装配等。

机械加工工艺过程(以下简称工艺过程)是指用机械加工的方法直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量,使之成为合格零件的生产过程。

1.1.2 工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的。每一个工序又可分为若干个安装、工位、工步和走刀。

1. 工序

一个或一组工人在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那部分工艺过程称为工序。判断一系列的加工内容是否属于同一个工序,关键在于这些加工内容是否在同一个工作地对同一个工件连续地被完成。这里的“工作地”是指一台机床、一个钳工台或一个装配地点;这里的“连续”是指对一个具体的工件的加工是连续进行的,中间没有插入另一个工件的加工。例如,在车床上加工一个轴类零件,尽管在加工过程中可能多次调头装夹

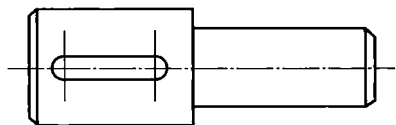


图 1-1 阶梯轴

工件及变换刀具,只要没有更换机床,也没有在加工过程中插入另一个工件的加工,在此车床上对该轴类零件的所有加工内容就都属于同一个工序。

例如,图 1-1 所示的阶梯轴,当生产批量较小时,其工艺过程及工序的划分如表 1-1 所示;当工件的生产批量较大时,其工艺过程及工序的划分如表 1-2 所示。

工序是工艺过程的基本组成部分,也是确定工时定额、配备工人、安排作业计划和进行质量检验等的基本单元。

在零件的加工工艺过程中,有一些工作并不改变零件的形状、尺寸和表面质量,但却直接影响工艺过程的完成,如检验、打标记等,这些工作的工序称为辅助工序。

2. 安装

在加工前,应先使工件在机床上或夹具中占有正确的位置,这一过程称为定位;工件定

位后,将其固定,使其在加工过程中保持定位位置不变的操作称为夹紧;将工件在机床或夹具中每定位、夹紧一次所完成的那部分工序内容称为安装。一道工序中,工件可能被安装一次或多次。例如,表 1-1 中的工序 1 和工序 2 均有两次安装,表 1-2 中的工序只有一次安装。

表 1-1 小批量生产的工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	车一端面,钻中心孔;调头车另一端面,钻中心孔	车床
2	车大端外圆及倒角;车小端外圆及倒角	车床
3	铣键槽;去毛刺	铣床

表 1-2 大批量生产的工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	铣端面,钻中心孔	中心孔机床
2	车大端外圆及倒角	车床
3	掉头,车小端外圆及倒角	车床
4	铣键槽	键槽铣床
5	去毛刺	钳工

在加工过程中应尽量减少安装次数,因为在一次安装中加工多个表面容易保证各表面间的位置精度,而且由于减少了装卸工件的辅助时间,可以提高生产率。

3. 工位

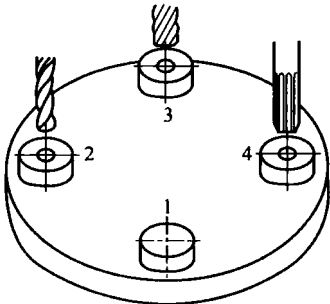
为了减少安装次数,常使用回转工作台、回转夹具或移位夹具等,使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。工件在机床上所占据的每一个位置,称为工位。图 1-2 所示为一个利用回转工作台,在一次安装中顺次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四工位加工的实例。采用多工位加工的方法,既可以减少安装次数,提高加工精度,减轻工人的劳动强度,又可以使各工位的加工与工件的装卸同时进行,提高劳动生产率。

4. 工步

在一个工序中,当工件的加工表面、切削刀具和切削用量中的转速与进给量均保持不变时所完成的那部分工序内容,称为工步。例如图 1-1 所示的阶梯轴,表 1-1 中的工序 1 和工序 2 均加工四个表面,所以各有四个工步;表 1-2 中的工序 4 只有一个工步。

构成工步的因素有:加工表面、刀具和切削用量,它们中的任一因素改变后,一般就变成了另一个工步。但在一次安装中,有多个相同的工步,通常看成一个工步。例如,图 1-3 所示的零件上 4 个 $\phi 15\text{ mm}$ 孔的钻削加工可以写成一个工步:钻 4— $\phi 15\text{ mm}$ 。

为了提高生产效率,用几把不同的刀具或复合刀具同时加工一个工件上的几个表面,也看成是一个工步,称为复合工步。



工位 1—装卸工件; 工位 2—钻孔;
工位 3—扩孔; 工位 4—铰孔

图 1-2 多工位加工

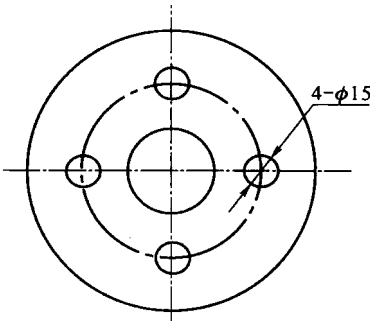


图 1-3 加工四个相同表面的工步

5. 走刀

在一个工步内,若加工余量需要多次逐步切削,则每一次切削即为一次走刀。一个工步可以包括一次或几次走刀。

1.1.3 获得加工精度的方法

零件加工后的实际几何参数(尺寸、形状和位置)与理想几何参数的符合程度称为加工精度。加工精度包括尺寸精度、形状精度和位置精度三个方面。

1. 获得尺寸精度的方法

(1) 试切法

通过试切—测量—调整一再试切,反复进行直到被加工尺寸达到要求精度为止的加工方法称为试切法。试切法的生产率低,加工精度主要取决于工人的技术水平,常用于单件小批生产。

(2) 调整法

先调整好刀具和工件在机床上的相对位置,并在一批零件的加工过程中保持这个位置不变,以保证被加工尺寸精度的方法称为调整法。调整法生产效率高,加工精度较稳定,在转塔车床、多刀半自动车床、自动车床上常被采用;使用专用夹具时,刀具相对于夹具的位置用对刀块或导引元件来调整。调整法常用于中批以上的生产中。

(3) 定尺寸刀具法

用刀具的相应尺寸来保证工件尺寸的方法称为定尺寸刀具法,如钻孔、铰孔、拉孔等。这种方法生产率较高,操作简便,加工精度较稳定。

(4) 主动测量法

在加工过程中,利用自动测量装置边加工边测量加工尺寸,并将测量结果与要保证的尺寸比较后,或使机床继续工作,或使机床停止工作,就是主动测量法。主动测量所得的测量结果可用数字在显示器上显示出来。该方法生产率高,加工精度稳定,是目前机械加工的发展方向之一。

(5) 自动控制法

在加工过程中,利用测量装置或数控装置等自动控制加工过程的加工方法称为自动控制法。该方法生产率高,加工质量稳定,加工柔性好,能适应多品种中小批量生产,是计算机辅助制造(CAM)的重要基础,也是目前机械加工的发展方向之一。

2. 获得形状精度的方法

(1) 刀尖轨迹法

依靠刀尖的运动轨迹来获得工件表面形状的方法称为刀尖轨迹法。工件的形状精度取决于成形运动的精度及机床的精度,如车外圆、铣平面、刨平面等。

(2) 成形法

利用成形刀具的几何形状来代替机床的某些成形运动,获得工件的表面形状的方法称为成形法。工件的加工精度主要取决于刀刃的形状精度。

(3) 仿形法

通过仿形装置做进给运动对工件进行加工的方法称为仿形法,如在液压仿形车床上加工阶梯轴等。随着数控加工的广泛应用,仿形法的应用将日益减少。

(4) 展成法

利用工件和刀具做展成切削运动进行加工的方法称为展成法。滚齿和插齿加工就是典型的展成法加工。

3. 获得位置精度的方法(工件的安装方法)

工件的位置精度取决于工件的安装方式及精度。工件的安装方式有如下几种。

(1) 直接找正安装

利用百分表、划针等工具直接找正工件在机床上的正确位置,然后夹紧,这种安装方法称为直接找正安装。如图 1-4 所示,在磨床上磨削一个与外圆表面有同轴度要求的内孔时,加工前将工件装在四爪卡盘上,用百分表直接找正外圆表面,即可使工件获得正确的位置。此方法多用于单件小批生产或位置精度要求特别高的工件。

(2) 划线找正安装

用划针根据毛坯或半成品上所划的轮廓线找正工件在机床上的正确位置,然后夹紧,这种安装方法称为划线找正安装,如图 1-5 所示。此法多用于毛坯精度较低的单件小批生产或大型零件等不便使用夹具的粗加工。

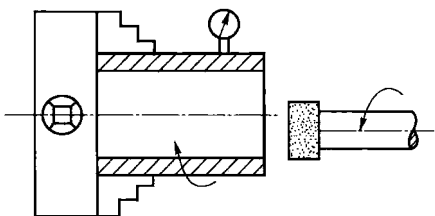


图 1-4 直接找正安装

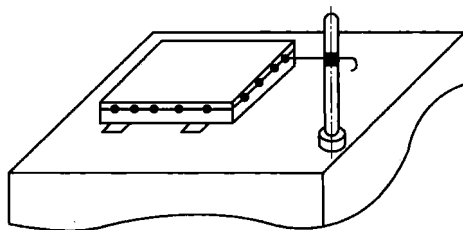


图 1-5 划线找正安装

(3) 夹具安装

工件依靠定位基准与夹具中的定位元件相接触,使工件处于正确位置,然后夹紧,这种安装方法称为夹具安装。用夹具安装工件,定位精度高而且稳定,安装迅速、方便,生产率高,但专用夹具的设计、维修费用高,制造周期长,所以专用夹具适用于成批或大批大量生产。单件小批生产时,多采用通用夹具。

1.1.4 工艺规程的作用

工艺规程是机械制造厂最主要的技术文件之一,是工厂规章条例的重要组成部分。其具体作用如下。

(1) 它是指导生产的主要技术文件。

工艺规程是最合理的工艺过程的表格化,是在工艺理论和实践经验的基础上制定的。工人只有按照工艺规程进行生产,才能保证产品质量和较高的生产率以及较好的经济效益。

(2) 它是组织和管理生产的基本依据。

在产品投产前要根据工艺规程进行有关的技术准备和生产准备工作,如安排原材料的供应、通用工装设备的准备、专用工装设备的设计及核算等工作。生产中对工人业务的考核也是以工艺规程为主要依据的。

(3) 它是新建和扩建工厂的基本资料。

新建(或扩建)工厂(或车间)时,要根据工艺规程来确定所需要的机床设备的品种和数量、机床的布置、占地面积、辅助部门的安排等。

1.1.5 制定机械加工工艺规程的原则

工艺规程的制定原则是:所制定的工艺规程,能在一定的生产条件下,以最快的速度、最

少的劳动量和最低的费用可靠地加工出符合要求的零件。同时,还应在充分利用本企业现有生产条件的基础上,尽可能采用国内外先进工艺技术和经验,并保证有良好的劳动条件。

工艺规程是直接指导生产和操作的重要文件,在编制时还应做到正确、完整、统一和清晰,所用术语、符号、计量单位和编号都要符合相应标准。

1.1.6 制定机械加工工艺规程的原始资料

制定工艺规程时,应具有以下原始资料。

(1) 产品的成套装配图和零件工作图。

(2) 产品验收的质量标准。

(3) 产品的生产纲领。

(4) 毛坯的生产条件或协作关系等。

(5) 工厂现有生产设备、生产能力、技术水平、外协条件等。为使制定的工艺规程切实可行,一定要结合现场的生产条件,因此要深入实际,了解加工设备和工艺装备的规格及性能、工人的技术水平以及专用设备及工艺装备的制造能力等。

(6) 新技术、新工艺的应用和发展情况。工艺规程的制定既要符合生产实际,又不能墨守成规,要研究国内外有关的先进工艺技术资料,积极引进适用的先进工艺技术,不断提高工艺技术水平。

(7) 有关的工艺手册和资料以及国家的有关法规等。

1.1.7 制定机械加工工艺规程的步骤

(1) 分析零件图和产品装配图。

(2) 选择毛坯。

(3) 选择定位基准。

(4) 拟定工艺路线。

(5) 确定加工余量和工序尺寸。

(6) 确定切削用量及工时定额。

(7) 确定各工序的设备、刀夹量具和辅助工具。

(8) 确定各工序的技术要求及检验方法。

(9) 填写工艺文件。

1.2 机械加工工艺规程的格式

机械加工工艺规程是规定零件机械加工工艺过程和方法等的工艺文件。正确的工艺规程是在总结长期的生产实践和科学实验的基础上,依据科学的理论和必要的工艺试验并考虑具体的生产条件而制定的。

将工艺规程的各项内容填入一定格式的卡片,即成为生产准备和施工所依据的工艺文件。经常使用的工艺文件有下列几种。

1. 机械加工工艺过程卡片

过程卡是以工序为单位,简要说明零件机械加工过程的一种工艺文件,主要用于单件小批生产和中批生产的零件。该卡片是生产管理方面的工艺文件。工艺过程卡片的格式如表 1-3 所示。