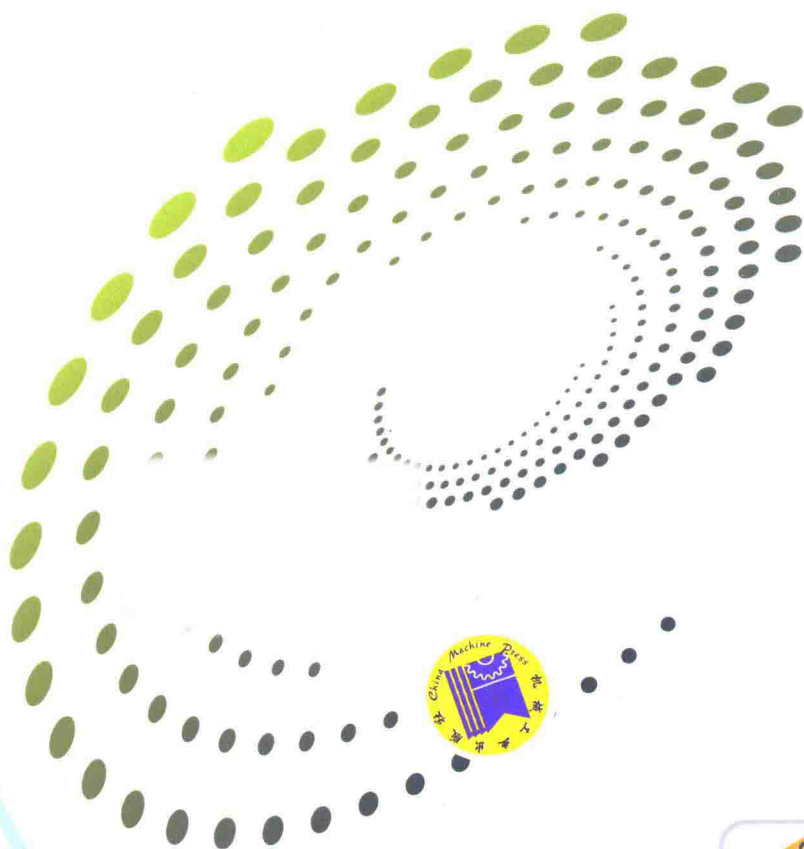


普通高等教育机电类专业规划教材
机械工业出版社精品教材

机械加工技术

第2版

孙学强 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配 电 子 课 件

普通高等教育机电类专业规划教材
机械工业出版社精品教材

机械加工技术

第2版

主 编	孙学强			
副主编	贾建华			
参 编	王宝贵	周宏甫	毕 涛	
	彭跃湘	范建蓓	安 宇	
主 审	曾家驹			



机械工业出版社

本书共 13 章, 主要包括机械加工概述, 金属的切削, 机械加工精度, 机械加工表面质量, 机床夹具设计, 组合夹具的应用, 机械加工工艺规程的设计, 轴类零件、套筒类零件、箱体类零件、圆柱齿轮、叉架类零件的加工, 机械装配工艺过程的设计等内容。

本书从工艺实施的生产实际出发, 遵循教学规律, 把学生作为学习的中心, 按学生的认知准备、认知方式以及技术应用学科的内在逻辑重组教材内容; 并通过典型零件加工工艺分析及其案例, 使学生能举一反三地掌握机械加工工艺原理和技术方法的实际应用。

为使课程标准明晰及方便教学, 本书各章明确了教学目标、重点和难点。教学目标将学生对所学知识掌握的程度分为了解、理解、熟悉和掌握; 重点和难点内容可在教学中起到提纲挈领的作用; 小结则进一步强化所学内容的整体印象。

本书可作为培养技术应用型人才的本科院校、高职高专院校中机械类或近机类专业的教材, 也可作为电视大学、自学考试相关专业的教材, 还可供有关技术人员参考和培训使用。

本书配有电子课件, 凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工技术/孙学强主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2016.5
普通高等教育机电类专业规划教材 机械工业出版社精品教材
ISBN 978-7-111-53655-0

I. ①机… II. ①孙… III. ①金属切削-高等学校-教材 IV. ①TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 088390 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 王海峰 责任编辑: 王海峰 责任校对: 刘 岚
封面设计: 鞠 杨 责任印制: 常天培
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2016 年 8 月第 2 版第 1 次印刷
184mm×260mm · 24.5 印张 · 601 千字
0001—3000 册
标准书号: ISBN 978-7-111-53655-0
定价: 49.90 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88379833 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-88379649 机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

→ 第 2 版前言 ←



为了满足培养机电类专业应用型人才的需要,适应工程教育教学改革的要求,编者以教育部专业教学指导委员会机械学科教材的编写要求为指导,结合多年的教学改革实践以及企业对加工技术的应用情况,对本书第1版进行了全面修订。

本书包括了机械加工概述,金属的切削,机械加工精度,机械加工表面质量,机床夹具设计,组合夹具应用,机械加工工艺规程的设计,轴类零件,套筒类零件,箱体类零件、圆柱齿轮、叉架类零件的加工,机械装配工艺过程的设计等内容。

由于机械加工技术课程具有鲜明的工程性和技术应用性特征,所以课程模式不应以学科体系来构建,而是以“技术应用”为前提来构筑学科知识和应用能力并重、有机组合的课程模式。本书以保证零件加工和产品装配质量为出发点,对教学内容和课程体系进行了整合和重建。本书从工艺实施的生产实际出发,遵循教学规律,把学生作为学习的中心,按学生的认知准备、认知方式以及技术应用学科的内在逻辑重组教材内容;并通过典型零件加工工艺分析及其案例,使学生能举一反三地领悟机械加工工艺原理和技术方法的实际应用。

使用本书的教师可根据专业教学要求和课时数选择需要的章节组织教学。

为方便学生学习,本书在每章都提出了教学目标、重点和难点,这样可使教学目标清晰,以重点知识的学习、核心能力的培养带动相关知识的学习。小结则是对全章内容的总体描述,便于学生对学习过的内容有整体的概念,并引导其进一步学习。

本书共分十三章。第一章、第三章、第六章由孙学强编写;第二章由彭跃湘和孙学强编写;第四章、第十章由毕涛编写;第五章由范建蓓和孙学强编写;第七章、第十三章由王宝贵和安宇编写;第八章、第九章由贾建华编写;第十一章、第十二章由周宏甫编写。各章的教学目标、重点、难点和小结由孙学强编写。

本书由昆明学院孙学强任主编并负责修订工作,贾建华任副主编。全书由湖南工程学院曾家驹主审。

本书在编写过程中,得到了各参编院校的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有欠妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

→ 目 录 ←

目录



第2版前言

第一篇 机械加工工艺基础

第一章 机械加工概述	2	第二章 金属的切削	24
第一节 机械制造基本概念	2	第一节 金属切削过程	24
第二节 基准	8	第二节 刀具磨损与刀具寿命	40
第三节 尺寸链	11	第三节 切屑的控制	43
第四节 时间定额	16	第四节 切削用量的选择	45
第五节 机械加工的经济性	17	第五节 切削液	47
小结	22	小结	49
习题	22	习题	49

第二篇 机械加工质量技术分析

第三章 机械加工精度	52	小结	72
第一节 概述	52	习题	73
第二节 加工精度的获得方法	53	第四章 机械加工表面质量	76
第三节 工艺系统的几何误差对加工精度的影响	54	第一节 概述	76
第四节 工艺系统受力变形对加工精度的影响	59	第二节 影响加工表面粗糙度的因素	79
第五节 工艺系统热变形对加工精度的影响	63	第三节 影响加工表面力学、物理性能的因素	81
第六节 工件内应力引起的加工误差	66	第四节 机械加工中的振动	85
第七节 提高加工精度的工艺措施	68	小结	91
		习题	92

第三篇 机床夹具设计及组合夹具的应用

第五章 机床夹具设计	95	第七节 夹紧机构设计实例	147
第一节 机床夹具的组成与分类	95	第八节 机床夹具的其他装置	149
第二节 工件在机床夹具中的定位原理	98	第九节 专用机床夹具设计方法及实例	156
第三节 定位方法及定位误差计算	104	小结	165
第四节 定位方案设计实例	126	习题	166
第五节 夹紧机构的原理	128	第六章 组合夹具的应用	173
第六节 夹紧机构的设计	131	第一节 组合夹具的使用范围及效果	173

第二节	组合夹具的元件	174	小结	189
第三节	组合夹具的组装	181	习题	189

第四篇 机械加工工艺规程

第七章	机械加工工艺规程的设计	192	第六节	切削用量与时间定额的确定	220
第一节	工艺规程	192	第七节	提高机械加工劳动生产率的工艺措施	221
第二节	零件的工艺性分析	197	第八节	编写工艺文件	223
第三节	确定零件毛坯	199	小结		225
第四节	机械零件加工工艺路线的制订	201	习题		225
第五节	工序设计	212			

第五篇 典型零件的加工

第八章	轴类零件的加工	231	第二节	箱体的孔系加工	288
第一节	概述	231	第三节	箱体类零件加工工艺过程分析	293
第二节	轴类零件外圆表面的车削	233	第四节	加工箱体类零件所用的夹具	304
第三节	轴类零件外圆表面的磨削	238	第五节	箱体类零件的检验	307
第四节	轴类零件外圆表面的光整加工	242	小结		311
第五节	轴的加工	245	习题		311
第六节	花键的加工	253	第十一章	圆柱齿轮加工	313
第七节	螺纹的加工	255	第一节	概述	313
第八节	加工轴类零件的夹具	260	第二节	齿坯的加工	315
小结		263	第三节	齿形的加工	316
习题		263	第四节	圆柱齿轮加工工艺分析	326
第九章	套筒类零件的加工	265	第五节	加工齿轮所用的夹具	329
第一节	概述	265	小结		333
第二节	孔的加工方法	266	习题		334
第三节	孔的精密加工方法	274	第十二章	叉架类零件的加工	336
第四节	套筒类零件加工工艺过程分析	277	第一节	概述	336
第五节	加工套筒类零件所用的夹具	280	第二节	拨叉加工工艺过程分析	337
小结		282	第三节	加工拨叉所用的夹具	340
习题		282	小结		343
第十章	箱体类零件的加工	284	习题		343
第一节	概述	284			

第六篇 机械装配工艺过程的设计

第十三章	机械装配工艺过程的设计	346	第五节	装配工艺规程的编制	366
第一节	概述	346	第六节	装配自动化	373
第二节	机械产品装配精度	348	小结		382
第三节	装配尺寸链	350	习题		382
第四节	装配方法及其选择	354	参考文献		385

第一篇

机械加工工艺基础

本篇介绍机械加工相关概念、金属切削的基本原理及其切削刀具和切削用量等知识，为学生深入学习机械加工工艺理论和方法奠定必需的基础。在现代制造技术中，大多数机器或机械中的零件是用机床加工出来的，为了优质高效地加工出所需的零件，逐渐形成了较为完善的工艺理论和技术方法，这些工艺理论和技术方法也是先进制造技术的技术基础。

第一章

机械加工概述

教学目标：通过学习，学生应理解机械加工技术的作用、意义及其发展趋势；掌握生产过程、工艺过程、工序、工步、工位、安装和进给的概念；掌握生产类型的划分及各生产类型的特点；理解设计基准、工艺基准的含义；掌握建立工艺尺寸链的方法；了解时间定额的组成和各部分的含义。

本章重点：生产过程、工艺过程、工序、工步、工位、安装和进给的概念；生产类型的划分及各生产类型的特点；建立工艺尺寸链的方法。

本章难点：建立工艺尺寸链。

第一节 机械制造基本概念

一、研究机械制造工程学科的意义

1. 机械加工技术的作用

人类的发展过程是制造技术不断发展的过程。工具和制造技术的不断进步推动了人类社会现代化水平的提高。

制造技术的发展极大地改变了人们的生活方式和生活质量。它为人类制造出满足生活需要的产品和工具，使人们生活得更加轻松和舒适，有更多的时间去思考如何发明制造新的产品供人们使用。

制造技术是人类赖以生存的永恒主题，是设想、概念、发明、科学技术物化的基础和手段，是国家经济实力和国防实力的体现，是国家工业化的基础和关键。

2. 研究制造技术的意义

制造技术是所有工业的支柱。我国的机械制造业经过几十年的发展，建立了较为完善的工业体系，现已成为举世瞩目的制造大国，在某些制造领域已进入世界先进行列。制造技术的发展也大大提升了我国的经济实力和军事实力。但与世界先进技术相比，我国机械制造业的整体技术水平和国际竞争力仍有较大差距，我国尚未从制造大国转变为制造强国。

由于机械制造技术在经济建设和国防建设中的支柱作用，研究并提升制造技术的水平具有重大的意义。制造技术整体水平的高低体现为：①制造设备本身的科技含量，即智能化程度；②制造工艺技术（或方法）的先进程度，其中包括了工艺装备的先进程度，工艺技术

的进步往往与制造设备关系密切；③制造系统自动化技术水平；④制造系统管理技术，即生产模式的先进程度。

任何一台机械产品或设备都是由各种零件和功能部件组成的，如何将这些零件和功能部件优质高效地制造出来并装配成具有预定功能的产品或设备，是研究制造技术的意义所在。

3. 机械制造技术的发展趋势

自然科学的进步为新技术的发展和传统技术的变革、发展和完善奠定了基础。人类对物质需求不断提高，但受自然资源和环境条件的约束，各国之间的竞争日益加剧。为了提高自身的竞争力及保持已有的竞争优势，企业的创新能力就被视为保证和扩大国民经济竞争能力的关键因素。这种创新能力的具体表现是新产品或新设备不断被开发出来，新方法和新的生产技术不断应用，相应的生产组织形式不断完善。制造业及其技术体系作为国民经济的支柱产业被寄予厚望，要求制造业具备快速的市场响应、更高的产品质量、更低的成本等特性及良好的环保要求。这一要求促使传统制造业开始向现代制造发展。

随着以信息技术为代表的高新技术的发展及其在机械制造技术中的应用，当前及今后的机械制造技术比以往任何时候都更加依赖于知识和科学。与农业经济、工业经济不同，知识经济是以知识为基础的经济，它直接依赖于知识和信息的生产、扩散和应用。知识经济是工业化演进的必然结果，是一种比工业经济更高级的经济形态。在知识经济条件下，制造技术正在发生质的飞跃。制造技术已成为一个涵盖整个生产过程、跨多种学科、高度集成的高新技术。这主要体现在以下几方面。

(1) 采用自动化技术，实现制造自动化

1) 应用集成电路、可编程序控制器、计算机等新型控制元件和装置，实现制造设备的单机、生产线或生产系统的自动控制。应用先进的检验检测技术和装置，实时监控工艺过程的物理参数，实现工艺参数的闭环控制，进而实现自适应控制。

2) 应用计算机技术、网络技术等，建立计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工艺过程设计（CAPP）、计算机辅助工程分析（CAE）、计算机辅助制造（CAM）、产品数据管理（PDM）、管理信息系统（MIS）等制造技术自动化系统，使制造过程信息的生成与处理高效快捷。

3) 将数控、机器人、自动化运输仓储、自动化单元技术综合应用于加工及物流过程，形成不同层次的柔性自动化系统，如数控机床（CNC）、加工中心（MC）、柔性制造单元（FMC）、柔性制造系统（FMS）和柔性生产线（FML），乃至形成计算机集成制造系统（CIMS）和智能制造系统（IMS）。

(2) 加工与设计趋向集成及一体化 CAD/CAM、FMS、SIMS、并行工程（CE）、快速原型技术（RP）等先进制造技术的出现，使加工与设计之间的界限逐渐淡化并走向一体化。各种常规工艺过程间的界限趋于淡化而集成于统一的制造系统中。

(3) 机械制造工艺技术向先进制造工艺技术转变 随着社会经济和科学技术的发展，机械制造工艺技术的内涵和形态不断变化和发展，先进制造工艺技术就是这种变化和发展的成果。常规工艺技术不断优化并得到普及；传统的工艺界限趋于淡化，在功能上趋于交叉；新型加工方法不断出现和发展，如精密加工和超精密加工、超高速加工、微细加工、特种加工、快速原型制造技术、新型材料加工、表面功能性覆层技术及复合加工等加工方法。先进制造工艺技术是先进制造技术的核心和基础，任何高级的自动控制系统都无法取代先进制造

工艺技术的作用。

二、生产过程和生产系统

生产过程是指将原材料转变为产品的全过程。对机械制造行业而言,生产过程包括下列过程。

(1) 生产技术准备过程 生产技术准备过程包括市场对产品需求情况的预测和分析、产品的开发和设计、工艺设计、专用工艺装备的设计和制造、生产资料的准备、生产计划的编制等。

(2) 毛坯制造过程 毛坯制造过程包括铸造、锻造、冲压和焊接等。

(3) 零件的各种加工过程 零件的各种加工过程包括机械加工、热处理、焊接和其他表面处理等。

(4) 产品的装配过程 产品的装配过程包括部装、总装、调试和油漆等。

(5) 生产服务过程 生产服务过程包括原材料、工具、协作件和配套件的订购、供应、运输、保管、试验与化验以及产品的包装、销售、发运和售后服务等。

现代机械制造业的发展趋势是组织专业化生产,即一种产品的生产是分散在若干个专业化企业进行,最后集中由一个企业制成完整的机械产品。

系统是指事物由数个相互作用和互相依赖的部分组成的有机整体,并具有特定的功能。若以整个机械制造企业为整体,除上述的生产过程外,还必须把技术信息、经营管理、劳动力调配、资源和能源利用、环境保护、市场动态、经济政策、社会问题和国际因素等信息作为影响系统效果更为重要的要素来考虑。所有这些生产活动的总和,用系统的观点来看,就是一个具有输入和输出的生产系统。用系统工程学的原理和方法组织和指导生产,能使企业的生产和管理科学化;使企业按照市场动态及时改进和调节生产,不断更新产品以满足社会的需要;使产品质量更好、周期更短、成本更低。

三、工艺过程的组成和基本要求

1. 工艺过程的组成

在生产过程中,改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程。采用机械加工的方法,直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量等,使其成为零件的过程称为机械加工工艺过程(以下简称为工艺过程)。

工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的,而工序又可分为安装、工位、工步和进给(走刀)。毛坯依次通过这些过程就成为成品。

(1) 工序 一个或一组工人,在一个工作地对一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程,称为工序。划分工序的主要依据是工作地是否变动或工作是否连续。如图 1-1 所示的阶梯轴,当生产量较小时,其工序划分见表 1-1;当生产量较大时,其工序划分见表 1-2。

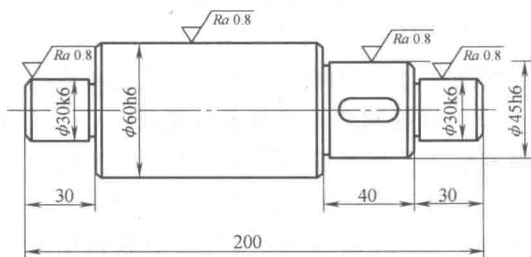


图 1-1 阶梯轴简图

表 1-1 阶梯轴工艺过程（生产量较小时）

工 序 号	工序内容	设 备
1	车端面,钻中心孔	车 床
2	车外圆,车槽和倒角	车 床
3	铣键槽,去毛刺	铣 床
4	磨外圆	磨 床

表 1-2 阶梯轴工艺过程（生产量较大时）

工 序 号	工序内容	设 备
1	两端同时铣端面,钻中心孔	铣端面、钻中心孔机床
2	车一端外圆,车槽和倒角	车 床
3	车另一端外圆,车槽和倒角	车 床
4	铣键槽	铣 床
5	去毛刺	钳工台
6	磨外圆	磨 床

在表 1-1 的工序 2 中，先车工件的一端，然后调头装夹，再车另一端。如果先车好一批工件的一端，然后调头再车这批工件的另一端，这时对每个工件来说，两端的加工已不连续，所以即使在同一台车床上加工也应算作两道工序。

(2) 安装 为完成一道或多道加工工序，在加工之前对工件进行的定位、夹紧和调整的作业，称为安装（又称装夹）。在一道工序中，工件可能被安装一次或多次，才能完成加工。表 1-1 的工序 1 要进行两次安装：先安装工件的一端，车端面、钻中心孔，称为安装 1；再调头安装，车另一端面、钻中心孔，称为安装 2。

工件在加工中，应尽量减少装夹次数，因为多一次装夹，就会增加装夹的时间，还会增加装夹误差。

(3) 工位 为了完成一定的工序内容，一次装夹工件后，工件（或装配单元）与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置，称为工位。图 1-2 所示为工件在回转夹具上加工台阶面，当铣完台阶面 I 后，不卸下工件，将夹具回转 180°，再加工台阶面 II，这道铣削工序只需一次装夹，但有两个工位。

(4) 工步 在加工表面（或装配时的连接面）和加工（或装配）工具、主轴转速及进给量不变的情况下，所连续完成的那一部分作业，称为工步。如图 1-3 中，在工件上钻四个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔，用一个钻头顺次进行加工，则可算作一个工步：钻 $4 \times \phi 15\text{mm}$ 孔。

为了提高生产率，用几把刀具同时加工几个表面的工步，称为复合工步。在工艺规程上把复合工步看作一个工步，如图 1-4 所示。

(5) 进给（走刀） 有些工步由于加工余量较大或其他原因，需要用同一把刀具及同一

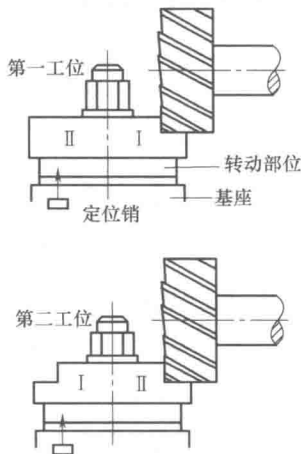


图 1-2 一次安装两个工位

切削用量对同一表面进行多次切削, 刀具对工件的每一次切削就称为一次进给 (走刀)。

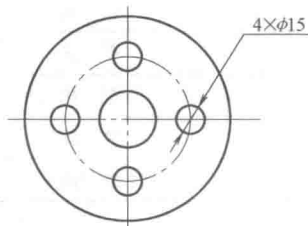


图 1-3 加工四个相同表面的工步

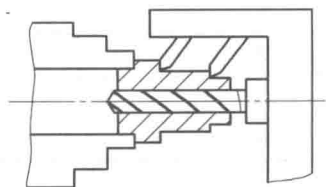


图 1-4 复合工步

2. 对工艺过程的基本要求

设计工艺过程的基本要求是在具体生产条件下工艺过程必须满足优质、高产、低消耗的要求。

质量和产量的矛盾具体反映在生产中, 往往表现为新的生产任务同现有设备能力之间的矛盾, 或新的生产任务同操作技术水平之间的矛盾。解决这些矛盾从技术方面来说主要是采用新工艺、新设备, 或挖掘现有设备的潜力, 进行技术改造和技术创新。

四、生产类型及其工艺特征

1. 生产纲领

企业在计划期内应该生产的产品产量和进度计划称为生产纲领。产品的生产纲领确定后, 就可以根据各种零件在该产品中的数量、备品及允许的废品率来确定零件的生产纲领。根据车间具体情况, 每次投入或产出的产品 (或零件) 数量, 称为生产批量。

生产纲领的大小对加工过程和生产组织起着重要的作用, 它决定了各个工序所需的专业化和自动化的程度, 决定了所选用的工艺方法和机床设备类型。

零件的生产纲领可按下式计算

$$N = Qn(1 + \alpha + \beta)$$

式中 N ——零件的年产量, 单位为件/年;

Q ——产品的年产量, 单位为台/年;

n ——每台产品中, 该零件的数量, 单位为件/台;

α ——备品的百分率;

β ——废品的百分率。

2. 生产类型

生产类型是指企业生产专业化程度的分类。一般分为单件小批生产、中批生产和大批大量生产。

(1) 单件小批生产 单件小批生产产品品种很多, 同一产品的产量很少, 各个工作地的加工对象经常改变, 而且很少重复生产。例如, 新产品试制, 工具、夹具、模具制造, 重型机械制造, 专用设备制造都属于这种类型。

(2) 中批生产 中批生产产品周期性地成批生产, 每种产品均有一定的数量, 工作地的加工对象呈周期性重复。例如, 机床、机车、电动机的制造常属于中批生产。

(3) 大批大量生产 大批大量生产产品产量很大, 大多数工作地按照一定的生产节拍

(在流水线或自动化生产线中, 相继完成两件制品之间的时间间隔) 进行某种零件的某道工序的重复加工。例如, 汽车、拖拉机、自行车、手表的制造常属大批大量生产。

生产类型的划分, 可根据生产纲领及零件的特征, 参考表 1-3 确定。表 1-3 中的轻型零件、中型零件和重型零件可参考表 1-4 所列数据确定。

表 1-3 生产类型和生产纲领的关系 (单位: 台/年或件/年)

生产类型	生产纲领		
	小型机械或轻型零件	中型机械或中型零件	重型机械或重型零件
单件生产	≤100	≤10	≤5
小批生产	> 100 ~ 500	> 10 ~ 150	> 5 ~ 100
中批生产	> 500 ~ 5000	> 150 ~ 500	> 100 ~ 300
大批生产	> 5000 ~ 50000	> 500 ~ 5000	> 300 ~ 1000
大量生产	> 50000	> 5000	> 1000

注: 小型机械、中型机械和重型机械分别以缝纫机、机床和轧钢机为代表。

表 1-4 不同机械产品的零件质量型别 (单位: kg)

机械产品类别	零件的质量		
	轻型零件	中型零件	重型零件
电子机械	≤4	> 4 ~ 30	> 30
机床	≤15	> 15 ~ 50	> 50
重型机械	≤100	> 100 ~ 12000	> 2000

3. 工艺特征

生产类型不同, 产品和零件的制造工艺、所用设备及工艺装备、采取的技术措施、达到的技术经济效果也不同。各种生产类型的工艺特征可归纳为表 1-5。在制订零件机械加工工艺规程时, 先确定生产类型, 再分析该生产类型的工艺特征, 以使所制订的工艺规程正确合理。

表 1-5 各种生产类型的工艺特征

工艺特征	生产类型		
	单件小批	中 批	大批大量
零件的互换性	用修配法, 钳工修配, 缺乏互换性	大部分具有互换性; 装配精度高时, 灵活应用分组装配法和调整法, 同时还保留某些修配法	具有广泛的互换性; 少数装配精度较高的, 采用分组装配法和调整法
毛坯的制造方法与加工余量	木模手工造型或自由锻造; 毛坯精度低, 加工余量大	部分采用金属模铸造或模锻; 毛坯精度和加工余量中等	广泛采用金属模机器造型、模锻或其他高效方法; 毛坯精度高, 加工余量小
机床设备及其布置形式	通用机床; 按机床类别采用机群式布置	部分通用机床和高效机床; 按工件类别分工段排列设备	广泛采用高效专用机床及自动机床; 按流水线和自动线排列设备
工艺装备	大多采用通用夹具、标准附件、通用刀具和万能量具; 靠划线和试切法达到精度要求	广泛采用夹具, 部分靠找正装夹达到精度要求; 较多采用专用刀具和量具	广泛采用专用高效夹具、复合刀具、专用量具或自动检验装置; 靠调整法达到精度要求



(续)

工艺特征	生产类型		
	单件小批	中 批	大批大量
对工人的技术要求	需技术水平较高的工人	需一定技术水平的工人	对调整工的技术水平要求高,对操作工的技术水平要求较低
工艺文件	有工艺过程卡,关键工序有工序卡	有工艺过程卡,关键零件有工序卡	有工艺过程卡和工序卡,关键工序有调整卡和检验卡
成 本	较 高	中 等	较 低

随着科学技术的进步和人们生活水平的不断提高,产品更新换代的周期越来越短,产品的品种规格不断增加。因此,多品种、小批量生产在今后不仅不会减少,而且还有增长的趋势。这就要求制造企业要以满足顾客的个性需求作为企业的经营宗旨、以用户满意作为产品质量的有效标准,寻找到既能高效生产又能快速转产的柔性制造方法,形成把多品种小批量生产组织成大批量生产的技术及生产管理模式。先进制造技术就是为了满足这种需要而发展起来的。

五、工艺系统的组成

在机械加工过程中,一个零件的加工要经过多道工序、多种加工方法才能完成。在加工过程中的被加工对象称为工件。工件在每道工序上加工时,总是通过夹具被安装在机床上。要保证工件的加工尺寸精度和位置精度,必须保证机床、刀具、工件和夹具各环节之间具有正确的几何位置。由机床、刀具、工件和夹具组成的系统称为机械加工工艺系统,简称工艺系统。

机床向机械加工过程提供刀具与工件之间的相对位置和相对运动,提供工件表面成形所需的成形运动。

在机械加工过程中,刀具直接参与切削过程,从工件上切除多余金属层。它对保证加工质量,提高劳动生产率起着重要的作用。

工件是工艺系统的核心。各种加工方法都是根据工件的被加工表面类型、材料特性和技术要求等确定的。

夹具是一种工艺装备。它的作用一是保证工件相对于机床和刀具处于正确的位置,这一过程称为定位;二是要保证工件在外力的作用下仍能保持其正确位置,这一过程称为夹紧。

要保证工艺系统各环节之间正确的几何位置,应保证工件在夹具中有正确的定位、夹具对机床具有正确的位置关系和夹具对刀具的正确调整。

第二节 基 准

基准是指用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面,一个几何关系就有一个基准。任何零件都是由若干个表面组成的,它们之间有一定的相互位置和距离尺寸的要求,即位置尺寸及其公差。在机械零件的设计和加工过程中,选择哪些点、线、面作为基准,是直接影响零件加工工艺性和各表面间尺寸和位置精度的主要因素之一。根据基准的作用不同,基准可分为设计基准和工艺基准两大类。



一、设计基准

设计基准是零件设计图样上所采用的基准。如图 1-5a 所示零件, 对尺寸 20mm 而言, B 面是 A 面的设计基准, 或者 A 面是 B 面的设计基准, 它们互为设计基准。一般说来, 设计基准是可逆的。如图 1-5b 所示零件, 对同轴度而言, $\phi 50\text{mm}$ 的轴线是 $\phi 30\text{mm}$ 轴线的基准。而 $\phi 50\text{mm}$ 圆柱面的设计基准是 $\phi 50\text{mm}$ 的轴线, $\phi 30\text{mm}$ 圆柱面的设计基准是 $\phi 30\text{mm}$ 的轴线。不应笼统地说, 轴的轴线是它们的设计基准。如图 1-5c 所示零件, 对尺寸 45mm 而言, 圆柱面的下素线 D 是槽底面 C 的设计基准。

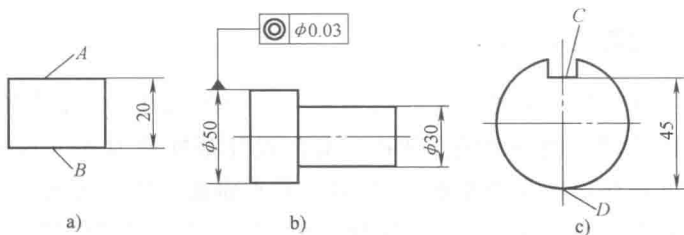


图 1-5 设计基准的实例

a) 两面之间距离 (位置) 尺寸 b) 阶梯轴同轴度和圆柱面尺寸 c) 键槽底面位置尺寸

如图 1-6 所示主轴箱零件图样, 顶面 F 的设计基准是底面 D , 孔 III 和孔 IV 轴线的基准是底面 D 和导向侧面 E , 孔 II 轴线的基准是孔 III 和孔 IV 的轴线。

二、工艺基准

工艺基准是在工艺过程中所采用的基准。它包括如下内容。

1. 工序基准

工序基准是在工序图上用来确定本工序加工表面的尺寸、形状和位置的基准。

2. 定位基准

定位基准是在加工中用作定位的基准。工件在机床上或夹具中装夹时, 定位基准就是工件上直接与机床或夹具的定位元件相接触的点、线、面。如图 1-7 所示的工件在加工内孔时, 其位置是由工件上与夹具的定位元件 1 和 2 相接触的底面 A 和侧面 B 而确定的, 故 A 面和 B 面称为该工序的定位基准。

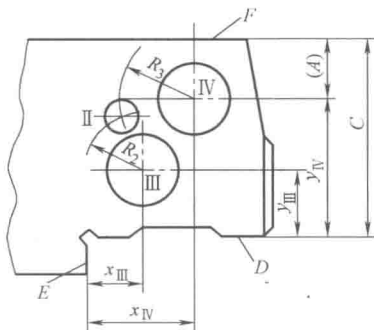


图 1-6 主轴箱的设计基准

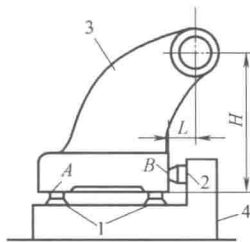


图 1-7 定位基准

1, 2—定位元件 3—工件 4—夹具

定位基准又可分为粗基准和精基准。

(1) 粗基准 用作定位基准的表面, 如果是没有加工过的毛坯面, 则称为粗基准。

(2) 精基准 用作定位基准的表面, 如果是已加工过的, 则称为精基准。

3. 测量基准

工件在测量、检验时所使用的基准。

4. 装配基准

在装配时用来确定零件、组件及部件等相对位置所采用的基准。图 1-6 中主轴箱零件的 D 面和 E 面是确定箱体在机床床身上相对位置的平面, 它们就是装配基准。

三、基准之间的相互关系

图 1-8 所示为各种基准的实例。图 1-8a 所示为短阶梯轴的三个设计尺寸 d 、 D 和 C , 圆柱面 I 的设计基准是 d 尺寸段的轴线, 圆柱面 II 的设计基准是 D 尺寸段的轴线, 平面 III 的设计基准是含 D 尺寸段轴线的平行平面。图 1-8b 是平面 III 的加工简图, 定位基准都是 d 尺寸段的圆柱面 I。加工简图中有两种工序基准方案。第一方案的工序要求是尺寸 C , 即工序基准是含 D 尺寸段轴线的平行平面; 第二方案的工序要求是尺寸 $C + D/2$, 即工序基准是圆柱面 II 的下素线。图 1-8c 所示是两种测量平面 III 的方案。第一方案是以外圆柱面 I 的上素线为测量基准; 第二方案是以外圆柱面 II 的素线为测量基准。

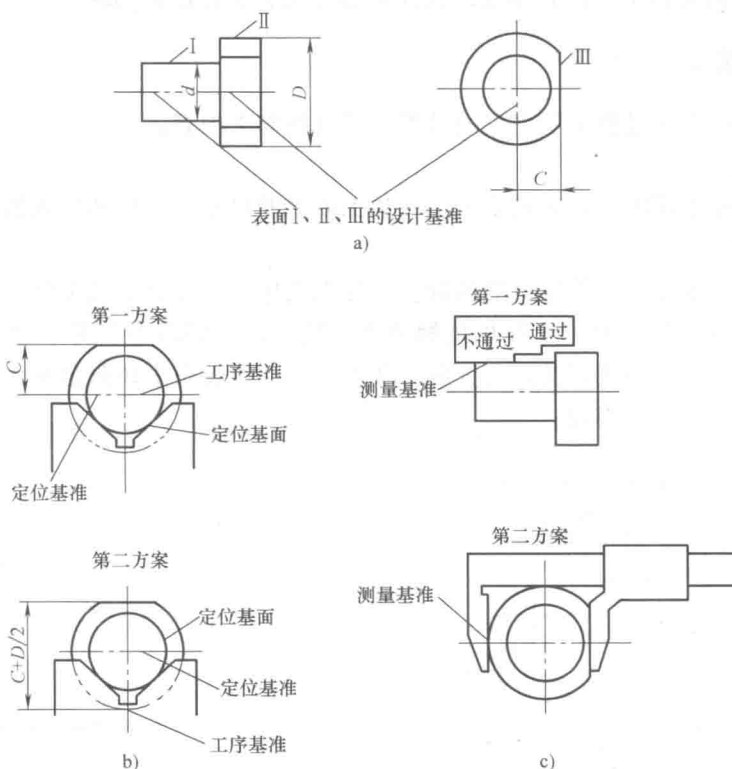


图 1-8 各种基准的实例

a) 短阶梯轴 d 、 D 和 C 三尺寸的设计基准 b) 平面 III 的加工简图 c) 平面 III 的检验图

分析基准时应注意以下两点:

1) 基准是客观存在的, 因为不存在的东西是不能作为依据的。有时, 基准是轮廓要素, 如圆柱面、平面等, 这些基准比较直观, 也易直接接触到。有时, 基准是中心要素, 如球心、轴线、中心平面等, 它们不像轮廓要素那样摸得着、看得见, 但它们是客观存在的。随着测量技术的发展, 总会把那些中心要素反映出来。

2) 基准要确切。要分清基准是圆柱面还是圆柱面的轴线, 两者有所不同。为了使用上的方便, 有时两者可以相互替代 (不是体现), 但应引入替代后的误差。还要分清轴线的区段, 如阶梯轴的轴线必须要说清是哪段阶梯的轴线。

第三节 尺 寸 链

在加工过程中, 工件的尺寸在不断地变化, 由毛坯尺寸到工序尺寸, 最后达到设计要求的尺寸。这些尺寸之间存在着一定的联系, 应用尺寸链理论去揭示它们之间的内在关系, 掌握它们的变化规律是合理确定工序尺寸及其公差和计算各种工艺尺寸的基础, 这也是工艺技术人员工作中的重要内容之一。

一、尺寸链概念

1. 尺寸链的定义

在零件加工或机器装配过程中, 由相互连接的尺寸形成封闭的尺寸组称为尺寸链。如图 1-9a 所示的台阶零件, 零件图样上标注设计尺寸 A_1 和 A_Σ 。当用调整法最后加工表面 B 时 (其他表面均已完成加工), 为了使工件定位可靠和夹具结构简单, 常选 A 面为定位基准, 按尺寸 A_2 对刀加工 B 面, 间接保证尺寸 A_Σ 。尺寸 A_1 、 A_2 和 A_Σ 是在加工过程中由相互连接的尺寸形成封闭的尺寸组, 它就是一个尺寸链, 如图 1-9b 所示。

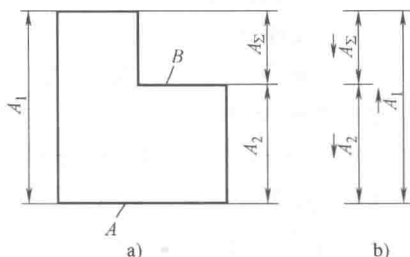


图 1-9 零件加工过程中的尺寸链
a) 台阶零件 b) 尺寸链图

2. 尺寸链的组成

(1) 环 尺寸链中的每一个尺寸均称为尺寸链中的环。图 1-9 中的 A_1 、 A_2 和 A_Σ 都称为尺寸链的环。

(2) 封闭环 封闭环是尺寸链中在加工过程或装配过程中间接获得或间接保证的一环。图 1-9 中的 A_Σ 是封闭环, 封闭环以下角标 “ Σ ” 表示。

(3) 组成环 组成环是尺寸链中在加工过程或装配过程中直接获得, 并且对封闭环有影响的全部环。这些环中任一环的变动必然引起封闭环的变动。图 1-9 中的 A_1 和 A_2 均是组成环, 组成环以下角标 “ i ” 表示。

(4) 增环 增环是尺寸链中的组成环, 由于该环的变动引起封闭环同向变动。同向变动是指该环增大时封闭环也增大, 该环减小时封闭环也减小。图 1-9 中的 A_1 是增环, 在以后的计算公式中以符号 $\vec{A}_i$ 表示增环。