

中等专业学校教材

机械制造工艺学

主 编 李 云

副主编 孙学强 王蕴平

参 编 王宝贵 贾建华 刘晓艳

徐 衡 庞建跃 关绍阁

陈凤英 肖广群

主 审 刘树华 刘 杨

(京) 新登字054号

本书内容分机械加工基本理论和机械加工工艺分析两大部分。机械加工理论部分主要阐述了机械加工工艺规程制订的基本原则、机械加工技术分析和经济分析的基本方法以及机械装配工艺的基础理论；机械加工工艺分析部分总结、归纳了典型零件加工工艺的不同特点和基本规律。

为了适应现代机械加工中数控加工技术的应用与发展，本书对数控加工原理、数控加工中的工艺处理以及数控加工各种方法作了较系统、较全面的介绍。本书理论阐述清晰、内容新颖、举例丰富、重点突出了工艺理论的实际应用。

本书可作为中等专业学校、高等职业技术学校、职业大学教学用书，也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造工艺学/李云主编. —北京: 机械工业出版社, 1995. 1
ISBN 7-111-04384-7

I. 机…

I. 李…

II. 机械制造-工艺

IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第09143号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)
责任编辑: 王世刚 版式设计: 霍永明 责任校对: 肖新民
封面设计: 肖 晴 责任印制: 卢子祥

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

1995年1月第1版·1995年1月第1次印刷

787mm×1092mm^{1/16}·25.25印张·619千字

0 001—7 000 册

定价: 18.50 元

前 言

本书是根据1993年中等专业学校机械制造专业教学指导委员会所制订的“机械制造工艺学”教学大纲,结合我们多年来的教学经验和机械加工工艺技术发展而编写的。

本书可作为中等专业学校和高等职业技术学校机械制造专业的教材,也可供从事机械制造专业的工程技术人员参考。

本书内容由机械加工工艺规程编制、典型零件加工、机械加工技术分析、机械加工新技术和机械装配工艺基础等几部分组成。各章均附有适量的习题。

机械加工工艺规程部分,阐述了机械加工工艺规程的组成、基准、尺寸链、时间定额、工艺过程的技术经济分析和编制机械加工工艺过程的原则和方法。

典型零件加工部分,主要介绍一些常见的典型零件(如轴、叉架、套、齿轮、机体和箱体等)的加工工艺和方法。

机械加工技术分析阐述了机械加工精度和机械加工的 surface 质量的理论基础。

机械加工新技术是当今机械制造工艺中的一个重要发展方向,本书介绍了数控加工的应用技术、成组加工技术和特种加工方法。

机械装配工艺基础介绍了装配精度、装配尺寸链、装配方法和装配工艺规程制订等基本理论知识。

附录部分提供了课程设计和毕业设计必要的部分图表资料。

本书共十三章,绪论和第六章由李云编写,第一章和附录由孙学强编写,第二章由王宝贵编写,第三章由贾建华编写,第四章和第七章由刘晓艳编写,第五章和第八章由王蕴平编写,第九章由徐衡编写,第十章由庞建跃编写,第十一章由关绍阁编写,第十二章由陈凤英编写,第十三章由肖广群编写。

本书由李云任主编,孙学强、王蕴平任副主编。全书由邢台高等职业技术学校刘树华副教授、沈阳市机械工业学校刘杨高级讲师任主审。

在本书的编写过程中,得到了沈阳市机械工业学校、解放军军需工业学校、浙江机械工业学校、长治机电工业学校、沈阳市机电工业学校、大连工业学校、本溪市机械工业学校和抚顺市工业学校等单位领导的支持,沈阳工业大学王维副教授、沈阳工业学院朱银寿教授、沈阳第一机床厂培训处王福山、于新春同志对本书的编写工作给予热情的帮助和指导,在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中难免有欠妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1994年5月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 机械加工工艺规程

第一章 机械加工工艺规程概述	5
第一节 基本概念	5
第二节 基准	10
第三节 工艺尺寸链	12
第四节 工艺规程	17
第五节 时间定额	22
第六节 机械加工的经济性	23
第七节 工艺过程的技术经济分析	25
习题一	29
第二章 机械加工工艺规程的制订	30
第一节 分析零件图	30
第二节 确定毛坯	32
第三节 拟定工艺路线	35
第四节 定位基准的选择	41
第五节 选择机床与工艺装备	46
第六节 确定加工余量	47
第七节 计算工序尺寸	50
第八节 选择切削用量计算时间定额	59
第九节 编写工艺文件	60
习题二	62

第二篇 典型零件加工工艺分析

第三章 轴类零件加工	65
第一节 概述	65
第二节 一般轴的加工	67
第三节 卧式车床主轴加工工艺分析	70
第四节 轴类零件外圆表面的车削	79
第五节 轴类零件外圆表面的磨削	83
第六节 轴类零件外圆表面的光整加工	89
第七节 花键加工	95
第八节 螺纹加工	98
习题三	110
第四章 叉架类零件加工	112
第一节 概述	112
第二节 拨叉加工工艺过程	113
习题四	119

第五章 套筒零件加工	120
第一节 概述	120
第二节 套筒零件加工工艺分析	121
第三节 套筒零件的孔加工	124
第四节 套筒零件孔的精密加工	130
习题五	132
第六章 箱体零件加工	134
第一节 概述	134
第二节 箱体零件工艺过程及分析	141
第三节 箱体零件加工方法的选择	146
第四节 箱体的孔系加工	149
第五节 箱体加工的测量	156
第六节 镗孔精度分析	160
习题六	163
第七章 机体类零件加工	166
第一节 概述	166
第二节 机体类零件加工工艺分析	168
习题七	183
第八章 圆柱齿轮加工	184
第一节 概述	184
第二节 圆柱齿轮加工工艺分析	186
第三节 齿坯加工	191
第四节 滚齿	193
第五节 插齿	202
第六节 剃齿、挤齿、珩齿、磨齿	204
习题八	208

第三篇 机械加工先进工艺技术

第九章 数控加工	211
第一节 概述	211
第二节 编程中的工艺分析	214
第三节 手工编程	220
第四节 典型加工程序	230
第五节 自动编程	242
第六节 成组技术	256
习题九	260
第十章 特种加工方法简介	262
第一节 电火花加工	263
第二节 电解加工和电解磨削	268

第三节 电子束加工	271
第四节 激光加工	272
第五节 超声加工	274
习题十	276

第四篇 机械加工技术分析

第十一章 机械加工精度	277
第一节 概述	277
第二节 工艺系统的几何误差	277
第三节 工艺系统的受力变形	282
第四节 工艺系统受热变形所引起的加工 误差	290
第五节 工件的内应力	294
第六节 加工误差统计分析	295
第七节 加工误差综合分析和判断	304
第八节 提高加工精度的工艺措施	309
习题十一	312
第十二章 机械加工表面质量	315

第一节 表面质量及其对使用性能的影响	315
第二节 影响表面质量的工艺因素	317
第三节 机械加工中的振动	319
习题十二	327

第五篇 机械装配工艺基础

第十三章 机械装配工艺	329
第一节 概述	329
第二节 装配精度	334
第三节 装配尺寸链	337
第四节 装配方法及其选择	342
第五节 装配工艺规程的制订	349
习题十三	356
附录 A 各种加工方法的经济精度	357
附录 B 毛坯的机械加工余量	364
附录 C 工序间加工余量	380
参考文献	397

绪 论

一、机械制造工艺在机械制造业中的地位和作用

在人们的生产活动和生活中,使用着大量的各种各样的机械产品,这些机械产品大都由一定形状和尺寸的机械零件所组成。生产这些零件并将它们装配成机械产品的过程是机械制造过程。在这个过程中,常采用一定的方法并通过一系列步骤来完成。

机械制造工艺是各种机械的制造方法和过程的总称。很明显,机械制造过程主要是机械制造工艺的实施过程。任何机械产品的设计蓝图,都要通过一定的工艺手段物化为现实的机械产品。没有先进的机械制造工艺,就不可能制造先进的机械产品。机械制造工艺水平是发展机械制造业的基础。要为社会提供高质量、多品种、性能可靠、具有先进水平的机械产品,必须有与之相适应的工艺,尤其是现代机电一体化的高科技产品,没有先进的制造工艺是不可能开发先进的产品和保证产品质量、提高生产率、降低成本、缩短生产周期的。

二、机械制造工艺的发展及趋势

机械制造工艺是在人类生产实践中产生并不断发展的。古代的工匠只能凭借经验来制造简单的工具。18世纪,随着工业革命的兴起,机器的作用增强了,产生了适应机械制造的一些简单方法和规则。本世纪,机械制造业中的大批量生产,为机械制造工艺理论奠定了基础,建立了机械制造工艺技术的基本理论体系。50年代以来,机械制造工艺向着高精度、高效率、高自动化发展。当今,机械制造工艺的现状和发展趋势是:

1. 向着高精密发展 目前,精密加工精度已经达到亚微米,而超精密加工已经进入 $0.01\mu\text{m}$ 级。

2. 向着柔性、高效、自动化发展 现代机械产品向多品种、小批量、更新快、生产周期短等方向发展。用过去万能机床加专机、专用工艺装备的“刚性工艺”制造方式来提高生产率,已经不适应现代生产的要求了。随之兴起的是采用机电一体化的柔性高效率自动化生产,如数控机床、镗铣加工中心、车削加工中心、磨削加工中心、电加工中心、柔性制造单元及柔性制造系统等。

3. 推广应用新工艺、新技术、新材料和新工艺装备

(1) 机械零件采用工程塑料、粉末冶金、超硬材料、工程陶瓷等新材料,以改善力学性能。

(2) 大件、基础件采用焊接件代替铸件等。

(3) 采用超精密加工、微细加工、电加工、电化学加工、电解磨削、激光加工等特种工艺,解决机械零件制造中的某些关键工艺,提高加工质量和生产率。

(4) 应用机夹刀具、高效工具,并改进刀具材料等。

(5) 在工艺设计制造中应用成组技术和计算机。成组技术是计算机在机械制造中应用的基础,它不仅为计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺设计(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)、数控机床的应用创造了条件,也为生产管理、物料管理、销售服务等创造了条件。成组技术必将贯穿到整个生产过程乃至生产管理过程,将使机械制造业产生高层次

的革命。

三、我国机械制造工艺技术的发展及面临的任务

解放前,我国的机械制造业十分落后,机械制造工艺理论几乎一片空白。解放后,我国建立了自己的机械制造业,机械制造工艺水平逐步提高。多年来,在机械制造工艺领域内工艺技术难题不断被突破,新的工艺成果不断出现,极大地促进了我国机械制造业的发展。50年代,我国工人阶级曾用“蚂蚁啃骨头”的方法解决了小设备加工大工件的工艺难题;60年代,我国实现了大直径压辊的镜面加工;70年代初,我国第一颗人造卫星发射成功,标志我国的机械加工已进入了高精度时代;改革开放以来,机械工业把“技术开发、技术引进、技术推广、技术改造”作为自身发展的战略重点,使机械制造业上了新台阶。目前,我国不仅能生产品种齐全的普通机械产品,也能生产高、大、精、尖的复杂产品;不仅能生产单机,也能生产大型成套机械设备。许多机械产品达到了国际的先进水平,如我国生产的S1-235型超高精度车床,可超精加工有色金属,圆度误差小于 $0.3\mu\text{m}$,表面粗糙度 R_a 为 $0.012\mu\text{m}$;SG7132型高精度丝杠磨床,加工螺距精度可达 $0.002\text{mm}/25\text{mm}$,表面粗糙度 R_a 为 $0.2\mu\text{m}$;又如,我国机械制造部门为电力工业提供了60万kW火力发电和30万kW的水力发电大型成套设备;为石油工业提供了6000m钻机及相应的采油设备等。

虽然我国机械工业取得了很大成绩,机械制造工艺达到了一定水平,但与国民经济各部门的发展需要还有较大差距。为了加速国民经济各部门的技术进步,力争在短期内主要产品能够适应国民经济各部门的发展,必须大力发展机械制造业,其主要途径是:引进世界先进技术、调整产品结构、优化工艺要素、提高经济效益、进行技术改造、实现生产组织结构由刚性向柔性转变。为了实现上述目标,必须加强工艺研究,把我国的机械加工工艺水平提高一个新的高度。

四、机械制造工艺学研究的内容及任务

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技术学科。它以机械制造中的工艺基本理论为基础,研究、认识机械制造中的客观规律,运用多方面的知识解决面临的工艺问题。机械制造工艺技术涉及面极广,它包括零件的毛坯制造、机械加工、热处理和产品的装配等,机械制造工艺学一般仅讨论机械加工和装配两方面的工艺问题。机械制造工艺学研究的宗旨是,如何科学地、最优地选择加工方案及设备,实现在机械制造中的优质、高产、低耗。

机械制造工艺学的内容有:机械制造的基本理论、典型零件加工及工艺分析、先进的加工技术以及机械装配的基础。机械制造的基本理论,包括工艺规程的制订、尺寸链理论及其在加工和装配中的应用、零件加工质量的理论及加工工艺中的生产率和经济分析等;典型零件加工,主要介绍常见的典型零件(轴、丝杠、套筒、箱体、齿轮、机体等)的常规加工工艺及其分析;先进加工方法,主要讨论利用数控机床加工的工艺处理、程序编制以及如何使用数控机床等;机械装配基础,主要介绍装配精度、装配方法以及装配工艺规程的制订等。

机械制造工艺学是机械制造专业的主要专业课之一。通过本课程的学习,使学生掌握机械加工工艺的基本理论知识,熟悉制订工艺规程的原则、步骤和方法,结合生产实习、课程设计及实验等实践环节,使学生具有制订中等复杂零件机械加工工艺规程的能力、分析和解决生产中一般工艺问题的能力以及应用现代加工手段制造机械产品的初步能力。

五、机械制造工艺学的特点及学习方法

机械制造工艺学是一门专业技术课，它有“综合性、实践性、灵活性”强的特点。学习本课程应注意如下几点。

1) 本课程涉及面广、内容丰富、综合性强。工艺问题不仅涉及机械加工和装配，还涉及毛坯制造、金属材料、热处理、加工设备、工艺装备以及生产管理等多方面知识。因此，要善于综合运用已学过的《金属工艺学》《金属材料及热处理》《公差配合与技术测量》《金属切削机床》《金属切削原理及刀具》《计算机应用技术》和《企业管理》等知识。

2) 机械制造工艺学与生产实际有十分密切的关系，其理论既是生产的总结，又将指导、服务于生产。学习本课程必须注重理论与生产实际的结合。生产实际中许多复杂的不确定的因素，很难在课本上一一概括。只有深入生产实际理解、体验工艺原理在不同现场条件下的应用，才能学好工艺知识，提高解决问题的能力。

3) 工艺理论的应用有很大的灵活性。对同一个问题，在工艺上可能有多种方案，必须实事求是，根据具体情况进行分析比较，辩证地优选最佳方案。要做到这一点，不仅需要有一定的专业知识，还需要有正确的技术观和方法论，还要学好辩证法。

第一篇 机械加工工艺规程

第一章 机械加工工艺规程概述

第一节 基本概念

一、生产过程和生产系统

生产过程是指将原材料转变为成品的全过程。对机械制造而言,生产过程包括下列过程。

1. 生产技术准备过程 如市场需求情况的预测、产品的开发 and 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 如铸造、锻造、冲压和焊接等。

3. 零件的各种加工过程 如机械加工、热处理、焊接和其它表面处理等。

4. 产品的装配过程 如部装、总装、调试和油漆等。

5. 生产服务过程 如原材料、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。

由上述过程可以看出,机械产品的生产过程是相当复杂的。为了便于组织生产,现代机械工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工厂进行,最后集中由一个工厂制成完整的机械产品。

工厂的生产过程,又可按车间分为若干个车间的生产过程。某一车间所用的原材料(半成品),可以是另一个车间的成品;而它的成品,又可以是某一个车间的半成品。如铸造和锻造车间的成品(铸件和锻件),就是机械加工车间的“毛坯”;机械加工车间的成品,又是装配车间的“原材料”。

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。如果以整个机械制造工厂为整体,为了实现最有效地经营管理,以获得最高的经济效益,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生产和指导生产,能使工厂的生产和管理科学化;能使工厂按照市场动态,及时地改进和调节生产,不断更新产品以满足社会的需要;能使生产的产品质量更好、周期更短、成本更低。

二、工艺过程的组成和基本要求

(一) 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。它是生产过程中的主要部分。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）。

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，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，当加工数量较少时，其工序划分如表1-1所示；当加工数量较大时，其

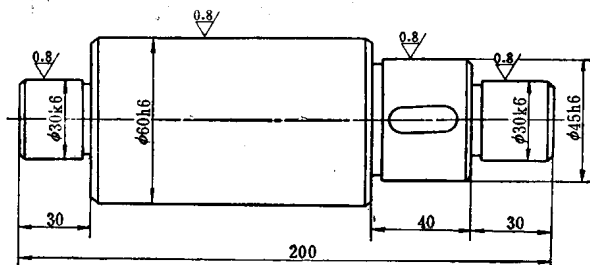


图1-1 阶梯轴简图

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	两边同时铣端面，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
6	磨外圆	磨 床

工序划分如表1-2所示。

在表1-1的工序2中，先车一个工件的一端，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。

工序是组成工艺过程的基本单元，也是安排生产计划、配备工人、制定劳动定额和进行质量检验的基本单元。工序是工厂设计中的重要资料。

2. 安装 工件经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。在一道工序中，工件可能被装夹一次或多次，才能完成加工。如表1-1所示的工序1要进行两次装夹：先装夹工件的一端，车端面、钻中心孔，称为安装1；再调头装夹，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 为了减少由于多次装夹而带来的误差及时间损失，常采用回转工作台、回转

夹具或移动夹具,使工件在一次装夹中,先后处于几个不同的位置进行加工。

为了完成一定的工序内容,一次装夹工件后,工件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、切削用量(主要是进给量 f 和速度 v)和加工工具不变的情况下,所连续完成的那一部分工序称为工步。

如果几个加工表面完全相同,所用刀具及切削用量亦不变,则可以把它们看作一个工步。如图1-3中,在工件上钻4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- $\phi 15\text{mm}$ 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(图1-4)。

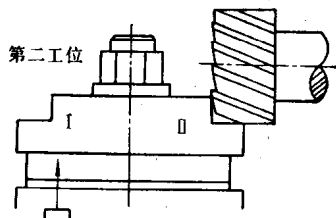
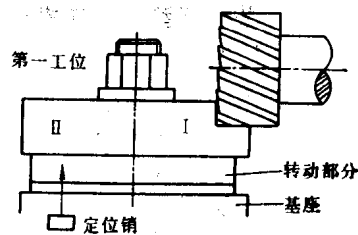


图1-2 一次安装两个工位

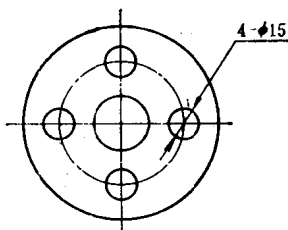


图1-3 加工四个相同表面的工步

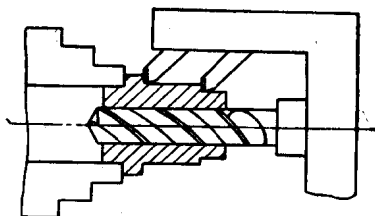


图1-4 复合工步

5. 进给(走刀) 有些工步由于加工余量较大或其它原因,需要同一把刀具及同一切削用量对同一表面进行多次切削。这样,刀具对工件的每一次切削就称为一次进给(走刀)。

(二) 对工艺过程的基本要求

在一个工厂及一定的生产条件下,一个零件可以有不同的工艺过程,即不同的工艺方法和工序。如果生产工厂不同,则可能有完全不同的工艺过程。

任何一种机械产品,都是根据用户要求而设计的,而产品中的零件是根据它在产品中的功能而规定其质量要求的。设计工艺过程的基本要求是在符合零件设计质量的前提下,在一定时间内生产一定数量的零件。零件的质量和产量构成了工艺过程中的一对矛盾。因此在具体生产条件下合理的工艺过程必须能可靠地达到产品的质量要求,在满足质量要求下保证达到高的生产率。换句话说,工艺过程必须满足优质、高产、低消耗的要求。

工艺过程是一个复杂的过程,其中有许多矛盾存在。除质量和产量的矛盾外,还有加工要求(质量与产量)与设备能力之间的矛盾;加工要求与工人操作水平的矛盾;工艺技术与生产组织、管理的矛盾等。但是工艺过程中质量和产量是主要矛盾,它规定或影响着其它矛盾的存在与发展。

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，挖掘现有设备的潜力，进行技术革新和技术革命。

三、生产类型及其工艺特征

(一) 生产纲领

企业在计划期内应当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，可以分批投产。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。

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 (件/年)；

Q ——产品的年产量 (台/年)；

n ——每台产品中，该零件的数量 (件/台)；

α ——备品的百分率；

β ——废品的百分率。

(二) 生产类型

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

1. 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、夹、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 产品周期地成批生产，每种产品均有一定的数量，工作地的加工对象通过一定的时间间隔生产呈周期性地重复。例如，机床、机车、电机和纺织机械的制造常属于成批生产。

3. 大批大量生产 产品产量很大、用途广泛且类型较固定，大多数工作地按照一定的生产节拍（在流水生产中，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、缝纫机和手表的制造常属大量生产。

生产类型的具体划分，可根据生产纲领和产品及零件的特征，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

生 产 类 型	生产纲领 (台/年或件/年)		
	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可分别以缝纫机、机床和轧钢机为代表。

表1-4 不同的机械产品的零件重量型别

机械产品类别	零件的重量 (kg)		
	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	>100~2000	>2000

根据上述划分生产类型的方法,可以发现,同一企业或车间可能同时存在几种生产类型的生产。判断企业或车间的生产类型,应根据企业或车间中占主导地位的工艺过程的性质来确定。

(三) 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、达到的技术经济效益也不同。各种生产类型的工艺特征可归纳成表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。

从表1-5可以看出,在大批大量生产中广泛采用高效的专用机床、自动机床、专用夹具和专用量具,并按流水线加工,因而可降低产品成本。但是,上述适用于大批大量生产的传统的“单机”和“线”,都具有很大的“刚性”(指专用性),即生产对象改变时,很难适应新产品生产的需要。

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。装配精度要求高时,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。少数装配精度较高处,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、模锻或其它高效方法。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
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,关键工序要工序卡	有工艺过程卡,关键零件要工序卡	有工艺过程卡和工序卡,关键工序要调整卡和检验卡
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

的品种规格将会不断增加。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。这就要求机械制造业能寻找到既能高效生产又能快速转产的“柔性”制造方法;寻找到把多品种小批量生产组织成大批量生产的生产技术。数控加工技术和成组技术就是为了满足这种需要而发展起来的。

1. 数控加工特征 根据被加工零件图样和工艺要求,编制成以数码表示的程序,输入到机床的数控装置或控制计算机中,以控制工件和刀具的相对运动,使之加工出合格零件的方法,称为数控加工。

数控机床是一种由电子计算机或专用电子计算装置控制的高效自动化机床。它综合应用了计算机技术、自动控制、精密测量和机械设计等方面的最新成就,是典型的机电一体化产品,是机床发展的必然趋势和未来。

数控机床的加工精度是由数控装置及机床系统自动保证的,与操作者无关,因此具有较高的加工精度,而且其精度不受零件形状复杂程度的影响。使用数控机床加工,节省了准备工作时间和辅助时间,大大提高了生产率。尤其在加工零件经常改变时,只要改变零件的加工程序,就能方便地达到重新加工的目的,而无需过多地准备与调整。此外数控机床还减轻了工人的劳动强度,使劳动条件大为改善,生产管理更加方便。因此数控机床在机械加工中的应用日益广泛。尤其在精度高、形状复杂的中小批量零件加工中,将显示其越来越大的优越性。

2. 成组技术 大批大量生产类型的经济效益较高,而小批生产水平和经济效益都是很低的。因此,如何摆脱小批生产中由于品种多、产量小所造成的困境,而使之获得接近大批生产经济效益是一个很值得重视的技术经济问题。成组技术便是解决这一问题的一种手段。

成组技术是一门生产技术科学,研究如何识别和发掘生产活动中有关事物的相似性,并充分利用它,即把相似的问题归类成组,寻求解决这一组问题相对统一的最优方案,以取得所期望的经济效益。

成组技术应用于机械加工方面,乃是将品种众多的零件按其相似性分类以形成为数不多的零件族;把同一零件族中诸零件分散的小生产量汇集成较大的成组生产量。这样,成组技术就巧妙地把品种多转化为“少”,把生产量小转化为“大”。这就为提高多品种、小批生产经济效益开辟了广阔的道路。

我国在成组技术的应用方面虽然与世界先进水平相比有一定的差距,但近年来也得到了有关部门的重视,目前正积极开展这方面的科学研究、人才培训和推广应用工作。1979年有关部门制订了我国“机床零件编码系统”(JCBM-1)草案,并在1982年10月正式定稿,成为我国第一个零件分类编码系统。接着又制订了“机械工业成组技术零件分类编码系统”(JLBM-1)。成组技术在改变多品种小批量生产的落后性方面所起的重要作用,正被越来越多的企业所认识。

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,它们之间有一定的相互位置和距离

尺寸的要求,即位置尺寸与公差。在分析研究加工表面位置精度时,首先应知道它的标定问题,即基准的概念。所谓“基准”就是“依据”的意思。根据基准的作用的不同,基准分为设计基准和工艺基准两大类。

一、设计基准

设计基准是设计图样上所采用的基准,常指零件图样上的基准。例如,图1-5所示三个零件,图1-5 a 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。图1-5 b 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。图 c 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。

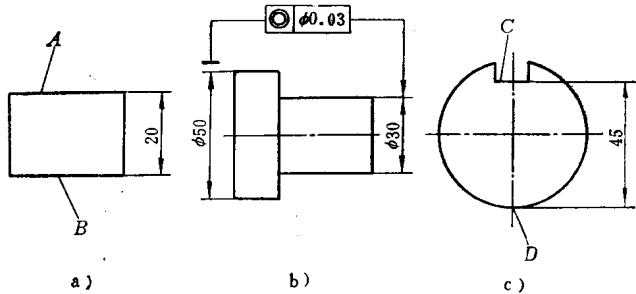


图1-5 设计基准的实例

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

又如如图1-6所示主轴箱箱体图样,顶面 F 的设计基准是底面 D ,孔Ⅲ和孔Ⅳ的轴线的设计基准是底面 D 和导向侧面 E ,孔Ⅱ的轴线的设计基准是孔Ⅲ和孔Ⅳ的轴线。

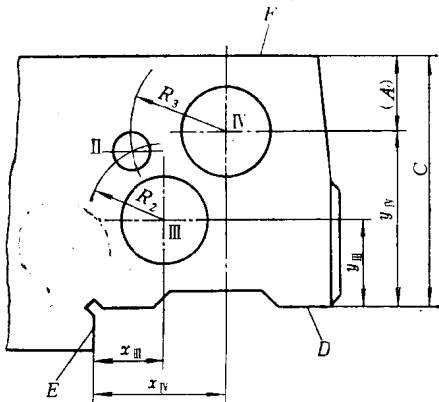


图1-6 主轴箱箱体的设计基准

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。

(一) 工序基准

在工序图上用来确定本工序所加工表面加工后的尺寸、形状、位置的基准。简言之,工序图上的基准。

(二) 定位基准

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。

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。

(三) 测量基准

工件在测量、检验时所使用的基准。

(四) 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中主轴箱箱体的 D 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1-7所示为各种基准的实例。图1-7 a 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1-7 b 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1-7 c 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。

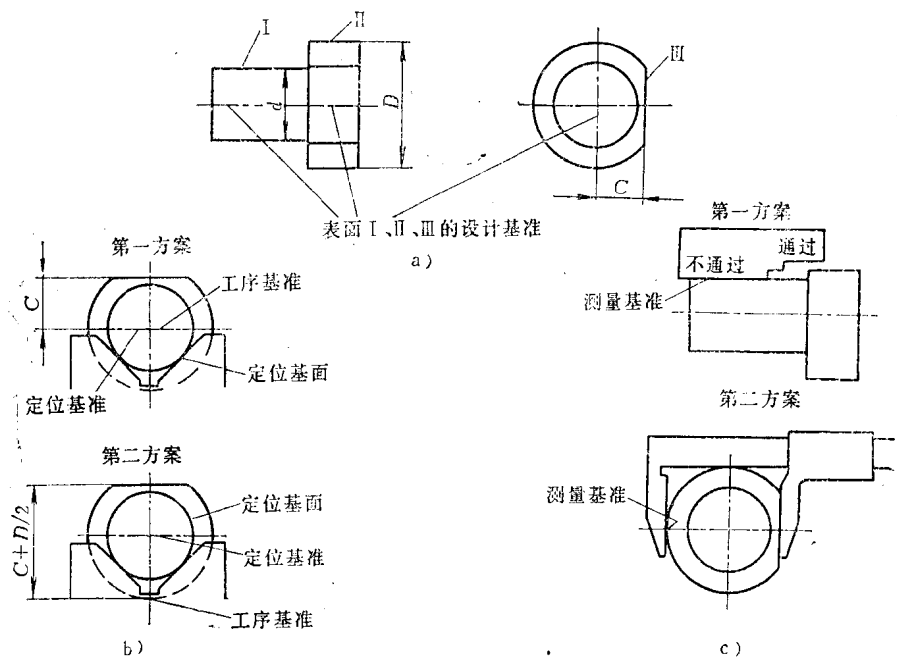


图1-7 各种基准的实例

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) 基准是依据的意思，必然都是客观存在的，因为不存在的东西是不能作依据的。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哪段阶梯的轴线。

第三节 工艺尺寸链

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