



21世纪高职高专规划教材

机械制造工艺 与夹具



兰建设 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高职高专教材系列

机械制造工艺 与夹具

王 强 主编

机械工业出版社

21 世纪高职高专规划教材

机械制造工艺与夹具

主 编 河南工业职业技术学院

副主编 洛阳大学

安徽水利水电职业技术学院

常州轻工职业技术学院

参 编 太原理工大学长治学院

靖江市工业学校

江苏省无锡高等交通学校

大连理工大学成人教育学院

佳木斯大学

湖南职业技术学院

辽宁机电职业技术学院

主 审 张家界航空工业职业技术学院

兰建设

吴 锐

余承辉

方长福

庞建跃

董泽坤

顾善明

赵丹阳

刘才勇

任丕顺

侯勇强

徐政坤



机械工业出版社

全书共分7章,主要内容有:机械加工工艺规程及工件的装夹,典型零件加工,机床专用夹具,机械加工精度,机械加工表面质量,机械装配工艺基础,现代制造技术。各章均附有复习思考题。

本书的编写符合高等职业教育的发展方向和培养目标,注重精选教材内容,具有突出重点和适用性强的特点。力求做到文字叙述简明扼要、通俗易懂。侧重理论联系实际和具体应用。

本书可作为各类高等职业院校,普通专科学校机械制造专业,数控技术应用专业,模具设计与制造专业等专业课教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺与夹具/兰建设主编. —北京:机械工业出版社, 2004.7

21世纪高职高专规划教材

ISBN 7-111-14588-7

I. 机… II. 兰… III. ①机械制造工艺-高等学校: 技术学校-教材②夹具-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TH16②TG75

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第051312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:余茂祚 责任编辑:余茂祚 版式设计:冉晓华

责任校对:姚培新 封面设计:饶薇 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006年1月第1版·第4次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·15.5印张·382千字

14 001—20 000册

定价:23.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专规划教材

编委会名单

编委会主任 王文斌 郝广发

编委会副主任 (按姓氏笔画为序)

马元兴	王茂元	王明耀	王胜利	王锡铭
田建敏	刘锡奇	杨 飒	杨文兰	余元冠
李兴旺	李居参	陈丽能	陈瑞藻	张建华
沈国良	杜建根	沈祖尧	茆有柏	徐铮颖
符宁平	焦 斌			

编委会委员 (按姓氏笔画为序)

王志伟	付丽华	许 展	朱 强	齐从谦
成运花	李连邨	李学锋	李茂松	李超群
曲昭仲	张 波	肖 琬	吴 锐	陈月波
陈江伟	杨克玉	杨国祥	杨翠明	何志祥
何宝文	吴诗德	吴振彪	武友德	宗序炎
周国良	俞庆生	恽达明	姜 洁	唐志宏
晏初宏	倪依纯	徐炳亭	崔 平	崔景茂

总 策 划 余茂祚

策划助理 于奇慧

前 言

本书是21世纪高职高专规划教材之一,是根据教育部教高[2001]号文件精神编写的。可作为2年制和3年制各类高等职业院校,普通专科学校机械制造专业,数控技术应用专业,模具设计与制造专业等专业课教材,也可供工程技术人员参考。

为了贯彻高等职业教育的特点和培养目标,进一步提高学生的综合应用能力,在教学过程中有效地培养学生综合应用工艺理论和夹具设计原理解决生产实际问题,将《机械制造工艺学》和《机床夹具设计》的知识有机地结合起来,编写了《机械制造工艺与夹具》教材,以达到课程综合化的目的。本书的编写注重精选教材内容,突出重点,突出适用性,强调基本理论及其在实践中的应用,着重学生能力的培养。重视理论联系实际,使理论和实践有机结合。力求做到文字叙述简明扼要、通俗易懂,并采用最新国家标准。

本书共分7章,第1章为机械加工工艺规程及工件的装夹,由洛阳大学吴锐、河南工业职业技术学院兰建设、安徽水利水电职业技术学院余承辉编写。第2章为典型零件加工,由佳木斯大学刘才勇、大连理工大学成人教育学院赵丹阳、靖江市工业学校董泽坤编写。第3章为机床专用夹具,由湖南职业技术学院任丕顺编写。第4章为机械加工精度,由常州轻工职业技术学院方长福编写。第5章为机械加工表面质量,由太原理工大学长治学院庞建跃编写。第6章为机械装配工艺基础,由江苏省无锡高等交通学校顾善明编写。第7章为现代制造技术,由辽宁机电职业技术学院侯勇强编写。本书由河南工业职业技术学院兰建设担任主编,张家界航空工业职业技术学院徐政坤担任主审。

本书在组织编写、出版等方面,得到机械工业出版社职教分社及各兄弟院校的大力支持,此外,还参考了一些兄弟院校、科研所的教材和资料,在此,一并表示衷心地感谢。

由于水平有限,加之本教材所涉及的理论与实际问题非常广泛,书中难免有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第1章 机械加工工艺流程及工 件的装夹	4
1.1 基本概念	4
1.2 零件的结构工艺性分析	10
1.3 毛坯的确定	13
1.4 工件的定位	16
1.5 工件的夹紧	37
1.6 工艺路线的拟订	53
1.7 加工余量的确定	61
1.8 工序尺寸及其公差的确 定	64
复习思考题	74
第2章 典型零件加工	82
2.1 轴类零件加工	82
2.2 套类零件加工	93
2.3 箱体类零件加工	99
复习思考题	110
第3章 机床专用夹具	112
3.1 概述	112
3.2 各类机床夹具	114
3.3 专用夹具的设计方法	127
复习思考题	139
第4章 机械加工精度	140
4.1 概述	140
4.2 工艺系统几何误差	141
4.3 工艺系统受力变形引起的加 工误差	144
4.4 工艺系统热变形引起的加 工误差	155
4.5 工件内应力变形引起的加 工误差	160
4.6 加工误差的统计分析	163
4.7 保证和提高加工精度的 途径	170
复习思考题	173
第5章 机械加工表面质量	178
5.1 概述	178
5.2 影响表面粗糙度的工艺因素 及改善措施	181
5.3 影响表面层物理力学性能的 工艺因素及改善措施	185
5.4 工艺系统振动简介	190
复习思考题	195
第6章 机械装配工艺基础	197
6.1 概述	197
6.2 装配尺寸链	199
6.3 保证装配精度的方法	201
复习思考题	210
第7章 现代制造技术	212
7.1 数控加工	212
7.2 成组技术	223
7.3 组合夹具	231
7.4 先进制造技术概述	235
复习思考题	240
参考文献	241

绪 论

1. 机械制造工艺与夹具在机械制造业中的作用 机械制造业是国民经济最重要的部门之一，是一个国家或地区经济发展的支柱产业，其发展水平标志着该国家或地区的经济实力、科技水平、生活水准和国防实力。机械制造业是制造农业机械、动力机械、运输机械，矿山机械等机械产品的工业生产部门，也是为国民经济各部门提供冶金机械、化工设备和工作母机等装备的部门。机械制造业是国民经济的装备部，是为国民经济提供装备和为人民生活提供耐用消费品的产业。不论是传统产业，还是新兴产业，都离不开各种各样的机械装备。机械制造业的生产能力和发展水平标志着一个国家或地区国民经济现代化的程度，而机械制造业的生产能力主要取决于机械制造装备的先进程度，产品性能和质量的好坏则取决于制造过程中工艺水平的高低。将设计图样转化成产品，离不开机械制造工艺与夹具，因而是机械制造业的基础，是生产高科技产品的保障。离开了它，就不能开发制造出先进的产品和保证产品质量，不能提高生产率、降低成本和缩短生产周期。

2. 机械制造工艺技术的发展和现状 机械制造工艺技术是在人类生产实践中产生并不断发展的。在 20 世纪 50 年代“刚性”生产模式下，通过大量使用的专用设备和工装夹具，提高生产效率和加工的自动化程度，进行单一或少品种的大批量生产，以“规模经济”实现降低成本和提高质量的目的。在 20 世纪 70 年代主要通过改善生产过程管理来进一步提高产品质量和降低成本。在 20 世纪 80 年代，较多地采用数控机床、机器人、柔性制造单元和系统等高技术的集成来满足产品个性化和多样化的要求，以满足社会各消费群体的不同要求。从 20 世纪 90 年代开始，机械制造工艺技术向着高精度、高效率、高自动化发展。精密加工精度已经达到亚微米级，而超精密加工已经进入 $0.01\mu\text{m}$ 级。现代机械产品的特点是多品种、更新快、生产周期短。这就要求整个加工系统及机械制造工艺技术向着柔性、高效、自动化方向发展。由于成组技术理论的出现和计算机技术的发展，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）、数控加工技术等机械制造业中得到了广泛应用，从而大大缩短了机电产品的生产周期，提高了效率，保证了产品的高精度、高质量。

3. 机械制造工艺与夹具课程的性质、研究内容、任务及学习方法 机械制造工艺及夹具课程是以机械制造中的工艺和工装设计问题为研究对象的一门应用性制造技术学科。所谓工艺，是使各种原材料、半成品成为产品的方法和过程；机械制造工艺是各种机械的制造方法和过程的总称。而在生产过程中，用来迅速、方便、安全地装夹工件的工艺装备，称为夹具。所谓制造技术学科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），经过实事求是地分析对比，找出客观规律，解决面临的工艺问题的学科。

机械制造工艺的内容极其广泛，它包括零件的毛坯制造、机械加工及热处理和产品的装配等。机械制造工艺及夹具课程的研究范围主要是零件的机械加工及加工过程中工件的装夹和产品的装配两个方面，机械制造工艺及夹具课程涉及的行业有百余种，产品品种成千上

万,但是研究的工艺问题则可归纳为质量、生产率和经济性三类。

(1) 保证和提高产品的质量: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、电子工业和国防工业的需要,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 $1\mu\text{m}$ 级提高到 $0.1\sim 0.01\mu\text{m}$ 级,目前正在向 nm ($0.001\mu\text{m}$) 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。近年来出现的聚晶金刚石和聚晶立方氮化硼等新型刀具材料,其切削速度可达 $1200\text{m}/\text{min}$,高速磨削的磨削速度达 $200\text{m}/\text{s}$ 。重磨削是高效磨削的发展方向,包括大进给、深切进给的强力磨削、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。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。

机械制造工艺及夹具课程是机械类各专业的一门主要专业课。通过本课程的学习(包括课堂理论教学、现场教学、实验和习题等)及相关实践教学环节(如生产实习和课程设计等)的训练,使学生初步具备分析和解决工艺技术问题的能力。具体有以下三点要求:

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,注重建立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、设计夹具、制定一般产品的装配工艺规程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,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。

本课程的特点和学习方法

1) 实践性强。本学科的内容来自生产和科研实践,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,就容易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,要多做

习题和思考题，要重视课程设计。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密的关系。

2) 涉及面广及内容丰富。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) 灵活多变。机械制造工艺学是制造技术学科中的核心内容，属“软技术”范畴，特别是工艺理论和工艺方法的应用灵活性很大。因此，必须根据具体条件和情况实事求是地进行辩证的分析。要多学点辩证法，学会抓主要矛盾和矛盾的主要方面，特别要注意矛盾和矛盾主要方面的转化。例如；分析设计和制造一对矛盾时，一般情况下，设计是矛盾的主要方面，制造要服从设计。但是，当情况特殊时，如市场竞争剧烈，要求迅速提供新品种时，矛盾的主要方面就会转化，把制造提到和设计并列的地位，甚至强调设计适应制造，这是符合辩证观点的，也是适应企业的根本利益。

第1章 机械加工工艺规程及工件的装夹

1.1 基本概念

1.1.1 生产过程和工艺过程

机械产品制造时，将原材料或半成品转变为成品的全过程，称为生产过程。对于结构比较复杂的机械产品，其生产过程主要包括：

1. 生产技术准备过程 产品投入生产前的各项生产和技术准备工作。如产品的试验研究和设计、工艺设计和专用工艺装备的设计与制造、各种生产资料的准备以及生产组织等。

2. 毛坯的制造过程 如铸造、锻造和冲压等。

3. 零件的各种加工过程 如机械加工、焊接、热处理和其他表面处理等。

4. 产品的装配过程 包括部装、总装、调试和涂装等。

5. 各种生产服务活动 如生产中原材料、半成品和工具的供应、运输、保管以及产品的包装和发运等。

在现代工业生产中，一台机器的生产往往是由许多工厂以专业化生产的方式合作完成的。这时，某工厂所用的原材料，却是另一工厂的产品。例如，制造汽车时，汽车上的轮胎、仪表、电器元件、液压元件甚至发动机等许多零部件都是由专业厂协作生产，由汽车厂完成关键零部件的生产，并装配成完整的产品——汽车。产品按专业化组织生产后，各有关工厂的生产过程就比较简单，有利于保证质量、提高生产率和降低成本。

在机械产品的生产过程中，对于那些与原材料变为成品直接有关的过程，如毛坯制造，机械加工，热处理和装配等，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，使之成为产品零件的过程称为机械加工工艺过程。

1.1.2 工艺过程的组成

在机械加工工艺过程中，根据被加工零件的结构特点和技术要求，常需要采用各种不同的加工方法和设备，并通过一系列加工步骤，才能将毛坯变成零件。因此，机械加工工艺过程是由一个或若干个顺次排列的工序组成的，而工序又可细分为若干个工步、装夹和进给。

1. 工序 工序是指一个（或一组）工人，在一台机床（或工作地）上，对一个（或同时对几个）工件所连续完成的那部分工艺过程。工序是工艺过程的基本单元。

区分工序的主要依据，是工作地（或设备）是否变动，零件加工的工作地变动后，即构成另一工序。例如图 1-1 所示的阶梯轴，当加工数量较少时，其加工工艺及工序划分如表 1-1 所示。当加工数量较大时，其工序划分如表 1-2 所示。

工序不仅是制定工艺过程的基本单元，也是制定劳动定额、配备工人，安排作业计划和进行质量检验的基本单元。

2. 工步与进给 在一个工序内，往往需要采用不同的刀具和切削用量对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述工序的内容，工序还可进一步划分工步。工步是指加工表面、

切削工具和切削用量中的转速与进给量均不变条件下所完成的那部分工艺过程。一个工序可包括几个工步，也可以只包括一个工步。例如，在表 1-2 的工序 2 中，包括有粗精车外圆表面及切槽等工步，而工序 3 当采用键槽铣刀铣键槽时，就只包括一个工步。

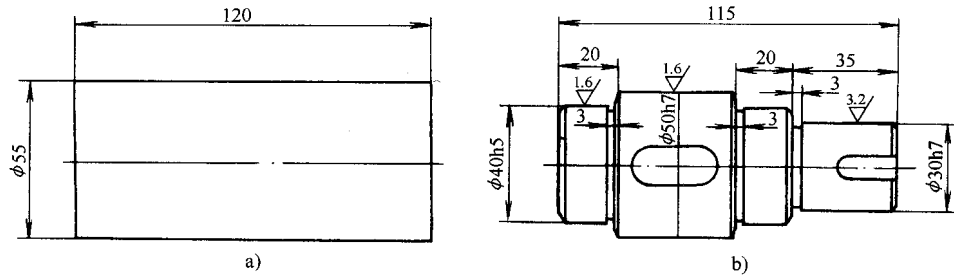


图 1-1 阶梯轴
a) 毛坯图 b) 零件图

表 1-1 阶梯轴加工工艺过程 (单件小批生产)

工序号	工 序 内 容	设 备
1	车端面、钻中心孔、车全部外圆、切槽与倒角	车床
2	铣键槽、去毛刺	铣床
3	磨外圆	外圆磨床

表 1-2 阶梯轴加工工艺过程 (中批生产)

工序号	工 序 内 容	设 备
1	铣端面、钻中心孔	铣端面钻中心孔机床
2	车外圆、切槽与倒角	车床
3	铣键槽	铣床
4	去毛刺	钳工台
5	磨外圆	外圆磨床

构成工步的任一因素 (加工表面、刀具或切削用量) 改变后，一般即变为另一工步。但是对于那些在一次安装中连续进行的若干相同的工步，为简化工序内容的叙述，通常多看做一个工步。例如，对于图 1-2 所示零件上 4 个 $\phi 15\text{mm}$ 孔的钻削，可写成一个工步——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 (见图 1-3)。在工艺文件上，复合工步应视为一个工步。

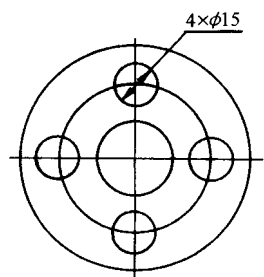


图 1-2 包括 4 个相同表面加工

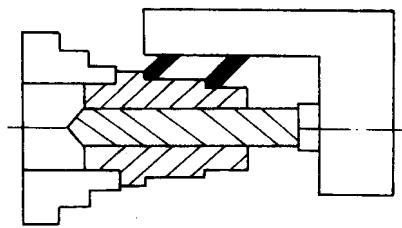


图 1-3 复合工步

在一个工步内，若被加工表面需切去的金属层很厚，需要分几次切削，则每进行一次切削就是一次进给。一个工步可包括一次或几次进给。

3. 装夹与工位 工件在加工之前，将工件在机床或夹具中定位、夹紧的过程称为装夹。

在一个工序内, 工件的加工可能只需要安装一次, 也可能需要装夹几次。例如, 表 1-2 中的工序 3, 一次装夹即铣出键槽, 而工序 2 中, 为车削全部外圆表面则最少需两次装夹。工件加工中应尽量减少装夹次数, 因为多次装夹会增加装夹误差, 而且还增加了装夹工件的辅助时间。

为了减少工件的装夹次数, 常采用各种回转工作台、回转夹具或移位夹具, 使工件在一次装夹中先后处于几个不同的位置进行加工。此时, 工件在机床上占据的每一个加工位置称为工位。图 1-4 所示为一利用回转工作台在一次装夹中一次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔 4 个工位加工的实例。采用多工位加工, 可减少工件装夹次数, 缩短辅助时间, 提高生产效率。

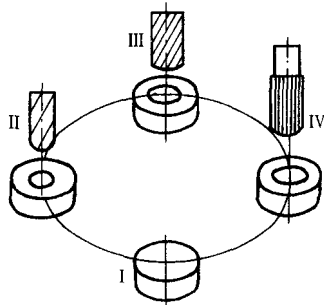


图 1-4 合并工步

1.1.3 生产纲领与生产类型

产品(或零件)的生产纲领, 是指企业在计划期内生产的产品产量和进度计划。计划期一般为一年。对于零件而言, 除了制造机器所需的数量外, 还应包括一定数量的备品和废品。

零件的生产纲领可按下式计算

$$N = Qn(1 + a\% + b\%)$$

式中 N ——零件的生产纲领;
 Q ——产品的生产纲领;
 n ——每台产品中该零件的数量;
 a ——备品的百分率(%);
 b ——废品的百分率(%)。

根据生产纲领的数量和产品(或零件)的大小, 机械制造业的生产可分为三种类型; 单件生产, 成批生产和大量生产。生产类型是指工厂或车间生产专业化程度的分类。

1. 单件生产 单件生产的基本特点是生产的产品品种繁多, 每种产品仅制造一个或少数几个, 而且很少再重复生产。例如, 重型机械产品制造和新产品试制时的生产都属于单件生产。

2. 成批生产 成批生产的基本特点是生产的产品品种较多, 每种产品均有一定的数量, 各种产品是分期分批地轮番进行生产。例如, 机床制造、机车制造和电机制造等多属于成批生产。

同一产品(或零件)每批投入生产的数量称为批量。根据产品的特征和批量的大小, 成批生产可分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产工艺过程的特点和单件生产相似, 大批生产工艺过程的特点和大量生产相似, 中批生产的工艺特点则介于两者之间。

3. 大量生产 大量生产的基本特点是产品的产量大, 品种少, 大多数工作地长期重复地进行某一零件的某一工序的加工。例如, 汽车, 拖拉机, 轴承和自行车等的制造多属于大量生产。

生产类型不同, 产品制造的工艺方法、所用的设备和工艺装备以及生产的组织均不相同。大批大量生产采用高生产率的工艺及设备, 经济效益好。单件小批生产常采用通用设备及工装, 生产率低, 经济效果较差。各种生产类型的工艺特征见表 1-3。

表 1-3 各种生产类型的工艺特征

生产类型 工艺特征	单件生产	成批生产	大量生产
毛坯的制造方法及加工余量	铸件用木模手工制造；锻件用自由锻。毛坯精度低，加工余量大	部分铸件用金属模；部分锻件用模锻。毛坯精度中等，加工余量中等	锻件广泛采用金属模锻，以及其他高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高，加工余量小
机床设备及其布置形式	采用通用机床。机床按类别和规格大小采用“机群式”排列布置	用部分通用机床和部分高生产率机床。机床按加工类别分工段排列布置	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床。机床设备按流水线形式排列
夹 具	多用标准附件，很少采用专用夹具，靠划线及试切法达到尺寸精度	广泛采用夹具，部分靠划线法达到加工精度	广泛采用高生产率夹具，靠夹具及调整法达到加工精度
刀具与量具	采用通用刀具与万能量具	较多采用专用刀具及专用量具	广泛采用高生产刀具和量具
对工人的要求	需要技术精练的工人	需要一定技术熟练程度的工人	对操作工人的技术要求较低，对调整工人的技术要求较高
工艺文件	有简单的工艺路线卡	有工艺规程，对关键零件有详细的工艺规程	有详细的工艺文件

生产类型的划分，主要取决于产品的复杂程度及生产纲领的大小。表 1-4 所列生产类型与生产纲领的关系，可供确定生产类型时参考。

表 1-4 生产类型和生产纲领的关系

生产类型	同类零件的年产量/件		
	重型（零件重大于 2000kg）	中型（零件重 100~2000kg）	轻型（零件重小于 100kg）
单件生产	<5	<20	<100
小批生产	5~100	20~200	100~500
中批生产	100~300	200~500	500~5000
大批生产	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产	>1000	>5000	>50000

1.1.4 机械加工工艺规程

工艺规程是指导施工的技术文件。机械加工工艺规程一般应包括下述内容：零件加工的工艺路线、各工序的具体加工内容、切削用量、工时定额以及所采用的设备和工艺装备等。

1. 工艺规程的作用

(1) 工艺规程是指导生产的主要技术文件：合理的工艺规程是依据工艺理论和必要的工艺试验而制定的。按照工艺规程进行生产，可以保证产品的质量和较高的生产效率和经济效益。因此，生产中一般应严格地执行既定的工艺规程。实践表明不按照科学的工艺进行生产，往往会引起产品质量的严重下降，生产效率的显著降低，甚至使生产陷入混乱状态。

但是，工艺规程也不是固定不变的，工艺人员应注意总结工人的革新创造，及时地汲取

国内外的先进工艺技术，对现行工艺不断地予以改进和完善，以便更好地指导生产。

(2) 工艺规程是生产组织和管理工作的基本依据：由工艺规程所涉及的内容可以看出，在生产管理中，产品投产前原材料及毛坯的供应，通用工艺装备的准备，机床负荷的调整，专用工艺装备的设计和制造，作业计划的编排，劳动力的组织，以及生产成本的核算等，都是以工艺规程作为基本依据的。

(3) 工艺规程是新建或扩建工厂或车间的基本资料：在新建或扩建工厂或车间时，只有根据工艺规程和生产纲领才能正确地确定生产所需的机床和其他设备的种类、规格和数量、车间的面积、机床的布置、生产工人的工种、技术等级及数量以及辅助部门的安排等。

因此，工艺规程是机械制造厂最主要的技术文件之一。

2. 工艺规程的格式

将工艺规程的内容，填入一定格式的卡片，即成为生产准备和施工依据的工艺文件，目前，工艺文件还没有统一的格式，各厂都是根据零件的复杂程度和生产类型自行确定，常见的有以下几种卡片：

(1) 机械加工工艺过程卡：这种卡片主要列出了整个零件加工所经过的工艺路线（包括毛坯，机械加工和热处理等）。它是制定其他工艺文件的基础，也是生产技术准备、编制作业计划和组织生产的依据。在这种卡片中，由于各工序的说明不够具体，故一般不能直接指导工人操作，而多作为生产管理方面使用。在单件小批生产中，通常不编制其他较详细的工艺文件，而是以这种卡片指导生产。因此，这种卡片（尤其对比较复杂的重要零件）应编制的比较详细。工艺过程卡（也称为工艺过程综合卡）的格式见表 1-5。

表 1-5 机械加工工艺过程卡

(单位)		机械加工工艺过程卡片								产品型号				零(部)件图号				共 页	
										产品名称				零(部)件名称				第 页	
材料牌号				毛坯种类				毛坯外形尺寸				每毛坯件数				每台件数		备注	
工序号	工序名称	工 序 内 容								车间	工段	设备	工 时						
																	工艺装备		
										编制(日期)		审核(日期)		会签(日期)					
标记	处记	更改	签字	日期	标记	处记	更改	签字	日期										

(2) 机械加工工艺卡：工艺卡片是以工序为单位详细说明整个工艺过程的工艺文件。它是用来指导工人生产和帮助车间干部和技术人员掌握整个零件加工过程的一种主要技术文件，广泛用于成批生产的零件和小批生产中的重要零件。工艺卡的内容包括零件的工艺特性（材料、重量、加工表面及其精度和表面粗糙度等），毛坯性质、各道工序的具体内容及加工要求等。其格式见表 1-6。

表 1-6 机械加工工艺卡

(单位)			机械加工工艺卡片								产品型号			零(部)件图号			共 页						
											产品名称			零(部)件名称			第 页						
材料牌号					毛坯种类				毛坯外形尺寸					每毛坯件数				每台件数				备注	
工 序 号	装 卡	工 步	工序内容				同时加工 零件数		切 削 用 量				设备 名称 及 编 号	工 艺 装 备 名 称 及 编 号			技 术 等 级	工 时 定 额					
									背吃刀量 /mm	切削速度 /m·min ⁻¹	每分钟转数 或往复次数	进给量 /mm·r ⁻¹		夹 具	刀 具	量 具		单 件	准 终				

(3) 机械加工工序卡：工序卡片是用来具体指导工人进行操作的一种工艺文件。它是根据工艺卡片为每个工序制定的，多用于大批大量生产的零件和成批生产中的重要零件。工序卡片中详细记载了该工序加工所必须的工艺资料，如定位基准的选择、工件的装夹方法、工序尺寸及公差以及机床、刀具、量具、切削用量的选择和工时定额的确定等。其格式见表1-7。

表 1-7 机械加工工序卡

(单位)		机械加工工序卡片						产品型号		零(部)件图号		共 页				
								产品名称		零(部)件名称		第 页				
材料牌号			毛坯种类		毛坯外形尺寸			每毛坯件数		每台件数		备注				
(工序图)						车间		工序号		工序名称		材料牌号				
						毛坯种类		毛坯外形尺寸		每坯件数		每台件数				
						设备名称		设备编号				同时加工件数				
						夹具编号				夹具名称				切削液		
														工序工时		
														准终		单件
工步号		工 步 内 容						工艺装备		主轴转速 /r·min ⁻¹	切削速度 /m·min ⁻¹	进给量 /mm·r ⁻¹	切削深度 /mm	进给 次数	工时定额 机动 辅助	
标记		处记	更改	签字	日期	标记	处记	更改	签字	日期						

3. 制定工艺规程的步骤

- 1) 分析研究零件图样, 了解该零件在产品或部件中的作用, 找出其要求较高的主要表面及主要技术要求, 并了解各项技术要求制定的依据, 审查其结构工艺性。
- 2) 选择和确定毛坯。
- 3) 拟订工艺路线。
- 4) 详细拟订工序具体内容。
- 5) 对工艺方案进行技术经济分析。
- 6) 填写工艺文件。

1.2 零件的结构工艺性分析

在制定机械加工工艺规程前, 首先要进行结构工艺性分析。

1.2.1 零件的结构工艺性概念

零件结构工艺性是指所设计的零件在能满足使用要求的前提下制造的可行性和经济性。它包括零件各个制造过程中的工艺性, 如铸造、锻造、冲压、焊接、热处理、切削加工等工艺性。由此可见, 零件结构工艺性涉及面很广, 具有综合性, 必须全面综合地分析。在制定机械加工工艺规程时, 首先要进行零件的结构工艺性分析。

在不同的生产类型和生产条件下, 同样结构的零件, 其制造的可行性和经济性可能不同。例如图 1-5 所示双联斜齿轮, 两齿圈之间的轴向距离很小, 因而小齿圈不能用滚齿加工, 只能用插齿加工。又因插斜齿需专用螺旋导轨, 因而它的结构工艺性不好。若能采用电子束焊, 先分别滚切两个齿圈, 再将它们焊成一体, 这样的结构工艺性就比较好, 不但制造方便, 生产效率高, 且能缩短齿轮间的轴向尺寸。由此可见, 结构工艺性要根据具体的生产类型和生产条件来分析, 它具有相对性。

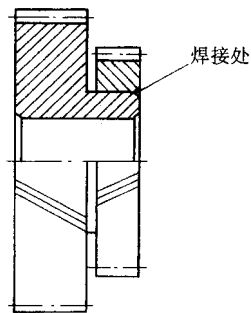


图 1-5 双联斜
齿轮的结构

从上述分析可知, 只有熟悉制造工艺、有一定实际经验并且掌握工艺理论, 才能分析零件结构工艺性。

零件的结构工艺性分析, 主要包括零件的尺寸和公差标注、零件的组成要素和零件的整体结构等三方面来阐述。

1.2.2 合理标注零件的尺寸、公差和表面粗糙度

零件图样上的尺寸和公差的标注对切削加工工艺性有较大的影响, 它是零件结构工艺性的一个重要内容。

零件图样上的尺寸标注既要满足设计要求, 又要便于加工。满足设计要求的尺寸, 都是直接影响装配精度和使用性能的尺寸, 但不一定完全符合工艺要求, 要通过装配尺寸链的分析来标注。其余的尺寸 (而且是大多数尺寸) 则应按工艺要求标注, 具体考虑以下几个方面。

1. 按照加工顺序标注尺寸, 避免多尺寸同时保证 例如, 图 1-6a 所示为齿轮轴零件的尺寸标注, 端面 A 和 B 都要最终磨削。磨削 A 面后, 同时获得尺寸 45mm 和 165mm; 磨削 B 面后, 同时获得尺寸 45mm、60mm 和 145mm。这两组尺寸中, 都有一个尺寸可直接获得, 其余尺寸则要进行工艺尺寸链换算才能获得。由工艺尺寸链理论可知, 这将会增加零件