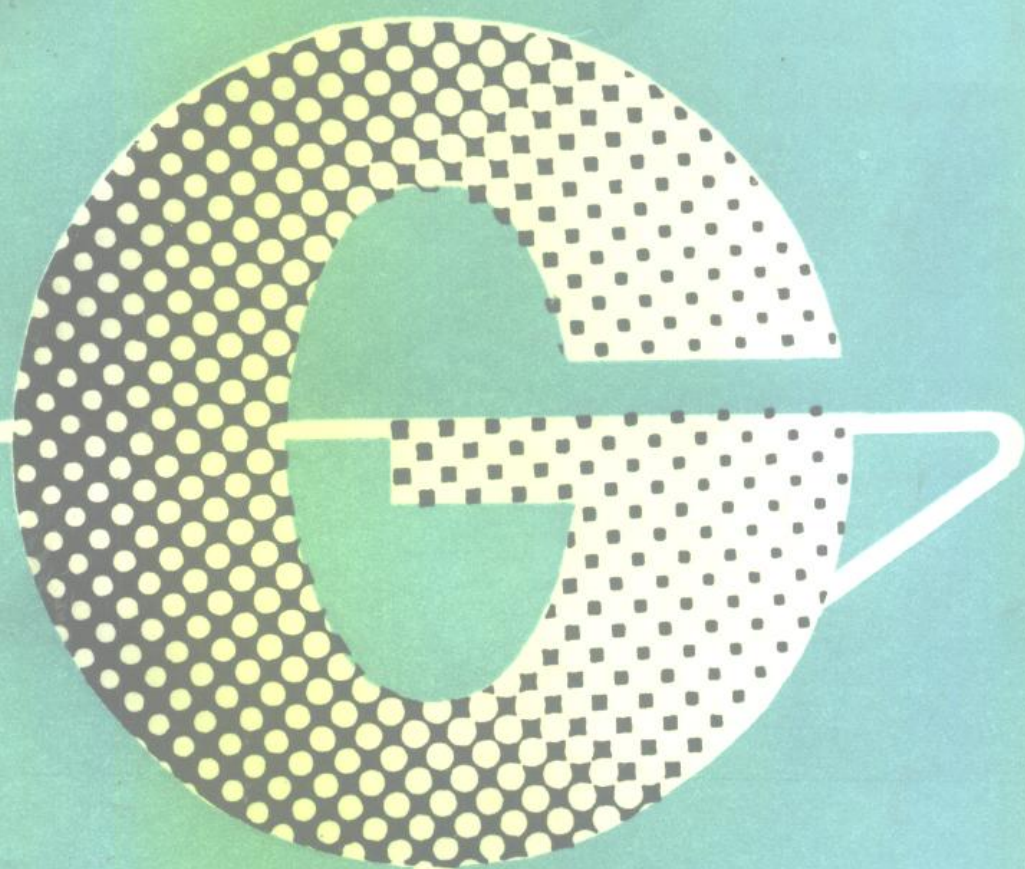


普通高等专科学校教育机电类规划教材

机械制造工艺学



江南大学 郑修本 主编
上海机械专科学校 冯冠大

机械工业出版社

普通高等专科学校教育机电类规划教材

机 械 制 造 工 艺 学

江 南 大 学 郑修本 主编
上海机械专科学校 冯冠大



机 械 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书共分7章,主要内容包括机械加工工艺规程的制订和工艺尺寸链、机械加工精度、机械加工表面质量、典型零件加工工艺(包括轴、套、箱体、圆柱齿轮、活塞、连杆)、特种加工和超精密加工、装配工艺基础和装配尺寸链、现代制造技术等。

本书注重基本概念的建立和原理的具体应用,加强装配工艺的基础知识,并将典型零件加工工艺分析与加工方法有机地结合,还反映了国内外机械制造的发展动向。

本书贯彻了国家最新标准(含机械制造工艺术语、尺寸链的计算方法等),内容新颖、简明扼要,阐述清晰易懂,并附有实例。

本书为高等专科学校各种“机械制造”专业的教材,也可作为职业大学、电视大学和职工大学的教材,并可供有关工程技术人员参考。

机械制造工艺学

江 南 大 学 郑修本 主编
上海机械专科学校 冯冠大

责任编辑:周性贤 钱飒飒 版式设计:冉晓华
封面设计:刘 代 责任校对:肖新民
责任印制:路 琳

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张21³/₄·字数534千字

1996年5月第1版第5次印刷

印数 125 501—145 500·定价:14.70元

ISBN 7-111-03076-1/TG·675(课)

前 言

本书是根据高等专科学校“机械制造”专业教材编审委员会审定的指导性教学计划和机械制造工艺学教学大纲，由教材编审委员会组织编审并推荐的教材。

本书可作为高等专科学校各种“机械制造”专业的教材，也可作为职业大学、电视大学和职工大学的教材，并可供从事机械制造专业的工程技术人员参考。

本书内容分为机械制造工艺的基本理论和典型零件加工两部分。基本理论部分包括：制订机械加工工艺规程与装配工艺规程的原则和方法、机械加工精度及表面质量、工艺尺寸链与装配尺寸链理论及其应用、机械加工的生产率与经济性分析等。典型零件加工部分包括轴（主轴、曲轴、丝杠、花键轴等）、套、圆柱齿轮、箱体、活塞和连杆等的工艺分析与加工方法。还编入了特种加工、超精密加工和现代制造技术。

根据教学大纲的要求，为突出高等专科的特点，本书强调应用性和能力的培养。在基本理论的论述中，注重建立基本概念和原理的具体应用；为培养主管产品工艺的初步能力，加强了装配工艺的基础知识，从保证产品质量出发，分析装配工艺以及装配和机械加工工艺的关系；紧紧围绕质量、生产率和经济性三者的辩证关系分析工艺问题。在典型零件加工工艺中，注重工艺分析和能力的培养，以适应各种“机械制造”专业的教学。现代机械制造技术和超精密加工反映了国内外机械制造的发展动向，以扩大视野，开阔思路。

本书贯彻了国家最新标准（含机械制造工艺术语、尺寸链的计算方法等），内容新颖、简明扼要，阐述清晰易懂，并附有实例。

本书由江南大学郑修本副教授任主编，上海机械专科学校冯冠大副教授任副主编。绪论和第一章由郑修本编写；第二章由苏焕斌（哈尔滨机电专科学校）编写；第三章由孙光华（郑州机械专科学校）编写；第四章一、二、五节由冯冠大编写；第四章第三、四、六节由曾家驹（湘潭机电专科学校）编写；第五章由冯冠大编写；第六章由郑修本编写；第七章由徐嘉元（南京机械专科学校）编写。全书由郑州机械专科学校刘世定副教授主审。

本书初稿完成后，曾于1990年11月召开了初审会议，并于1991年4月召开终审会议定稿。参加审稿会的专家有：北京航空航天大学杨光薰教授、沈阳冶金机械专科学校孙奎武教授、郑州纺织工学院郭承燕副教授、哈尔滨机电专科学校陈德祺副教授、北京机械工业管理学院李庆寿副教授等。专家们对初稿提出了不少宝贵意见，在此谨向他们表示衷心地感谢。

由于水平有限，编写时间又较紧迫，书中难免有不少欠妥之处，恳请读者批评指正。

编者1991年4月

目 录

绪论	1	的因素及改善措施	111
第一章 机械加工工艺规程的制订	4	第四节 工艺系统的振动	117
第一节 基本概念	4	第四章 典型零件加工	132
第二节 零件结构工艺性分析	15	第一节 轴类零件加工	132
第三节 确定毛坯	20	第二节 套类零件加工	166
第四节 定位基准的选择	20	第三节 箱体加工	177
第五节 工艺路线的拟定	27	第四节 圆柱齿轮加工	193
第六节 确定加工余量、工序尺寸及其公差	34	第五节 活塞加工	217
第七节 时间定额和提高劳动生产率的工艺途径	38	第六节 连杆加工	231
第八节 工艺过程的技术经济性分析	44	第五章 特种加工与超精密加工	239
第九节 工艺尺寸链	47	第一节 特种加工	239
第二章 机械加工精度	63	第二节 超精密加工简介	255
第一节 概述	63	第六章 装配工艺基础	264
第二节 工艺系统的几何误差	64	第一节 概述	264
第三节 工艺系统的受力变形	69	第二节 建立装配尺寸链的方法	269
第四节 工艺系统的热变形	80	第三节 保证装配精度的方法——解装配尺寸链	278
第五节 工件残余应力引起的误差	85	第四节 装配工艺规程的制订	294
第六节 加工误差的综合分析	87	第五节 产品的结构工艺性	299
第七节 提高和保证加工精度的途径	103	第七章 现代制造技术	306
第三章 机械加工表面质量	106	第一节 概述	306
第一节 机械加工表面质量的含义及其对产品使用性能的影响	106	第二节 成组技术	307
第二节 影响表面粗糙度的工艺因素及改善措施	108	第三节 计算机辅助工艺规程设计	318
第三节 影响零件表面层物理力学性能		第四节 数控加工	322
		第五节 直接数字控制和柔性制造系统	333
		第六节 计算机辅助制造和集成制造系统	339
		参考文献	342

绪 论

一、我国机械制造业的现状和今后的任务

机械制造业是国民经济的装备部，在国民经济中具有十分重要的地位和作用。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。机械制造业提供的装备水平对国民经济各部门的技术进步，有很大的和直接的影响。机械制造业的规模和水平是反映国民经济实力和科学技术水平的重要标志。因而，世界各国都把发展机械制造业作为振兴和发展本国经济的战略重点之一。

建国41年，尤其是改革开放以来，机械制造业贯彻了“经济建设靠科学技术，科学技术工作面向经济建设”的基本方针，执行了“四上两提高”（上质量、上品种、上水平、上成套，提高经济效益、提高服务质量）和“抓基础，攻成套”的工作方针，使机械制造业跨入了稳步健康发展的历史时期，取得了很大的成绩。现已拥有一批骨干企业，形成门类比较齐全，具有相当规模和一定技术水平，能提供具有先进水平的大型成套技术装备的工业体系。我国机械制造业已成为全国最大的产业部门之一。最近10年来的具体成就有：

1) 增强了提供重大技术装备的能力。如为农业提供大中型农场、商品粮基地和饲养成套设备；为电力工业提供60万kW火力发电和30万kW水力发电的成套设备；为煤炭工业提供1000万t级露天矿成套设备；为冶金工业提供年产300万t钢铁的成套装置；为石油工业提供6000m钻机及相应的采油设备；为化学工业提供52万t尿素成套设备；为交通运输提供各种汽车、内燃机车及地铁、港口成套设备等。

2) 积极开发高水平的新产品。10年来研制开发1万多种新产品，现已使85%以上的机电产品基本立足于国内。在“五五”计划期末，机械产品达到国际70年代水平的仅占5%左右，到“六五”计划期末达到国际80年代初水平的占26.7%，近几年发展的新产品有70%的可达国际80年代初的水平，有的接近或达到国外先进水平。如20-10FP500NC超重型数控龙门铣床、PJ-1喷漆机器人、SX041大规模集成电路光栅数显仪、300t立式弯板机、125t液压起重机、数控平面磨床和可编程序控制器等新产品都达到了世界先进水平。

3) 增强提供国防建设新装备的能力。

我国机械制造业虽然取得了很大的成绩，但与国民经济发展需要和世界先进水平相比还存在一定的差距。目前加工工业战线较长，布局分散，技术水平和专业化程度低，潜力远远没有发挥出来。今后10年和“八五”计划期间，要大力改组改造加工工业。机械制造业的发展重点是提高产品质量和技术水平。提高制造技术水平是振兴机械制造业的一项战略任务。

为此，今后10年和更长的时间内，制造技术的发展战略是：以新兴微电子、光电子技术，重大成套技术装备、基础机械的关键制造技术和轿车大批量制造技术为重点，把研究开发优质高效精密工艺与装备、为新一代产品投产和形成经济规模生产提供新工艺、新装备为总目标，加强基础技术研究，积极消化掌握引进技术，抓好技术储备，提高自主开发能力，抓好工艺与装备紧密结合和微电子技术应用两个薄弱环节，形成常规制造技术、先进制造技

术和高技术并存的多层次制造技术发展结构。

二、机械制造工艺学的研究对象

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性技术学科。所谓机械制造工艺是指各种机械的制造方法和过程的总称。所谓技术学科就是在深入了解实践的基础上,利用各种基础理论知识(如数学、物理、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。

本世纪初,在机械制造业中的大量生产为机械制造工艺学的建立和发展奠定了基础。50年代以来,机械制造业向高精度、高效率、高度自动化和柔性化方向的发展,使工艺学发展到一个新的水平。

机械制造工艺极其广泛,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。但是,研究的工艺问题可归纳为质量、生产率和经济性三类。

第一类问题是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 $1\mu\text{m}$ 级提高到 $0.1\mu\text{m}$ 级~ $0.01\mu\text{m}$ 级,目前正在向 $0.001\mu\text{m}$ 级精度迈进。

第二类问题是提高劳动生产率。提高生产率的方法: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新型刀具材料,其切削速度可达 $900\text{m}/\text{min}$,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、深切深缓进给的强力磨削,荒磨和切断磨削。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。

第三类问题是经济性即降低成本。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。

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,能以优质高产低耗的工艺去完成产品的加工和装配,这样的工艺才是合理的和先进的工艺。

工艺的发展不仅要依赖生产的发展,还要进行试验研究,用科学的方法分析和研究工艺问题,解决工艺问题,提高工艺水平。

工艺的发展也促进了设备和工艺装备(刀、夹、辅和量具等)的改造和发展。

三、学习本课程的目的与要求

机械制造工艺学是“机械制造”专业的一门主要专业课。通过本课程的教学过程(如课堂理论教学、现场教学、实验和习题等)及有关教学环节(如生产实习和课程设计等)的配合,使学生初步具有分析和解决工艺问题的能力,及自学工艺理论和新工艺新技术的能力。具

体有以下三点要求:

- 1) 掌握机械制造工艺的基本理论, 学会进行工艺分析、实验研究的方法。
- 2) 具有制订中等复杂零件的机械加工工艺流程和制订一般产品的装配工艺流程的初步能力。
- 3) 对于机械制造中的新工艺、新技术和发展动向应有所了解, 以扩大视野, 开阔思路。

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、解决工艺问题的能力打好基础。

四、本课程的特点和学习方法

第一个特点是实践性强。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, 要重视生产实习和专业实习。有了一定的感性知识, 就能较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。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关系。

第二个特点是涉及面广, 内容丰富。工艺不仅涉及机械加工和装配, 还涉及毛坯制造和热处理; 不仅涉及加工方法, 还涉及加工设备及工艺装备; 不仅涉及物质的流动和变化, 还涉及控制物质流的信息流; 不仅涉及制造技术, 还涉及管理技术。因而, 要善于综合运用已学过的《金属工艺学》《金属材料及热处理》《互换性与技术测量》《金属切削原理及刀具》《金属切削机床》《测试技术》《计算机应用技术》和《企业管理》等, 要学会抓主要矛盾和矛盾的主要方面。

第三个特点是灵活多变。工艺理论和工艺方法的应用灵活性很大。因此, 必须实事求是根据具体情况进行辩证的分析, 还要多学点辩证法。

第一章 机械加工工艺规程的制订

机械加工工艺规程的制订是机械制造工艺学的基本内容之一。具有制订机械加工工艺规程的初步能力是学习本课程的主要任务之一。本章阐述制订机械加工工艺规程的基本原理和主要问题。合理的工艺规程与生产实际有着密切的联系，因而制订者必须具有一定的生产实践知识，这方面的知识还要通过其它教学环节（如生产实习等）来获取。

第一节 基本概念

一、生产过程和生产系统的概念

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，全过程包括下列过程：

- 1) 原材料、半成品和成品（产品）的运输和保管。
- 2) 生产和技术准备工作。如产品的开发和设计、工艺设计、专用工艺装备的设计和制造、各种生产资料的准备以及生产组织等方面的准备工作。
- 3) 毛坯制造。如铸造、锻造、冲压和焊接等。
- 4) 零件的机械加工、热处理和其它表面处理。
- 5) 部件和产品的装配、调整、检验、试验、油漆和包装等。

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。例如，制造机床时，机床上的轴承、电机、电器液压元件甚至其它许多零部件都是由专业厂生产的，最后由机床厂完成关键零部件和配套件的生产，并装配成完整的机床。专业化生产有利于零部件的标准化、通用化和产品的系列化，从而能在保证质量的前提下，提高劳动生产率和降低成本。

上述生产过程的内容十分广泛，从产品开发、生产和技术准备到毛坯制造、机械加工和装配，影响的因素和涉及的问题多而复杂。为了使工厂具有较强的应变能力和竞争能力，现代工厂逐步用系统的观点看待生产过程的各个环节及它们之间的关系。即将生产过程看成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、工艺过程及其组成

（一）工艺过程的概念

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）。

（二）工艺过程的组成

机械加工工艺过程往往是比较复杂的。在工艺过程中，根据被加工零件的结构特点、技

术要求,在不同的生产条件下,需要采用不同的加工方法及其加工设备,并通过一系列加工步骤,才能使毛坯变成零件。为了便于深入细致地分析工艺过程,必须研究工艺过程的组成,并对它们作出科学的定义^①。

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、工步和走刀。毛坯依次通过这些工序就成为成品。

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和工作是否连续。例如图 1-1 所示阶梯轴,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,也是生产计划的基本单元。

2. 安装

工件在加工前,先要把工件放准。确定工件在机床上或夹具中占有正确位置的过程称为定位。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。将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程称为装夹。

工件(或装配单元)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

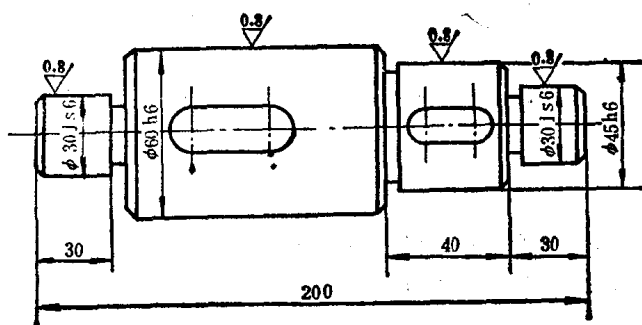


图1-1 阶梯轴简图

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, 切槽和倒角	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, 切槽和倒角	车床
3	车另一端外圆, 切槽和倒角	车床
4	铣键槽	铣床
5	去毛刺	钳工台
6	磨外圆	磨床

① 本章所用的术语及其定义均按国家标准《机械加工工艺基本术语》GB4863—85。

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部分，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。如表 1-2 中的工序 1 铣端面、钻中心孔，就是两个工位。工件装夹后，先铣端面，然后移动到另一位置钻中心孔，如图 1-2 所示。

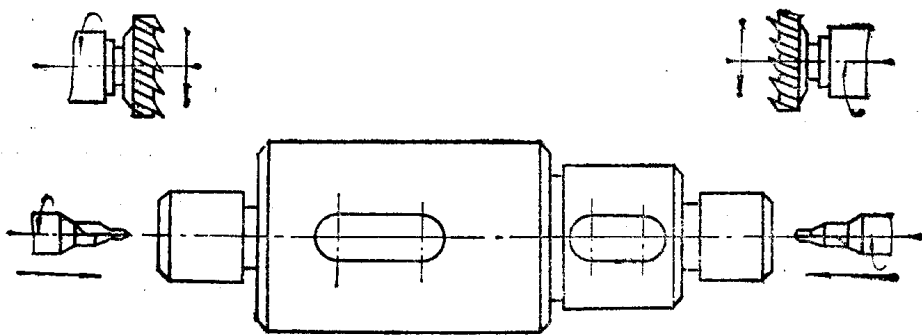


图1-2 铣端面钻中心孔实例

4. 工步

在加工表面（或装配时的连接表面）和加工（或装配）工具不变的情况下，所连续完成的那一部分工序称为工步。如表 1-1 中的工序 1，每个安装中都有车端面、钻中心孔两个工步。

为简化工艺文件，对于那些连续进行的若干个相同的工步，通常都看作一个工步。例如，加工图 1-3 所示的零件，在同一工序中，连续钻四个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔，就可看作一个工步。

为了提高生产率，用几把刀具同时加工几个表面，这也可看作一个工步，称为复合工步。如图 1-2 铣端面、钻中心孔，每个工位都是用两把刀具同时铣两端面或钻两端中心孔，它们都是复合工步。

5. 走刀

在一个工步内，若被加工表面需切去的金属层很厚，就可分几次切削，每切削一次为一次走刀。

三、生产纲领、生产类型及其工艺特征

各种机械产品的结构、技术要求等差异很大，但它们的制造工艺则存在着很多共同的特征。这些共同的特征取决于企业的生产类型，而企业的生产类型又由企业的生产纲领决定的。

（一）生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。计划期常定为 1 年，所以生产纲领也称年产量。

零件的生产纲领要计入备品和废品的数量，可按下列公式计算：

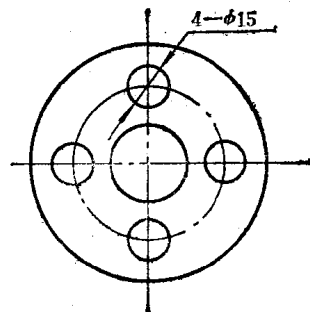


图1-3 简化相同工步的实例

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

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。

(二) 生产类型

生产类型是指企业（或车间、工段、班组、工作地）生产专业化程度的分类。一般分为大量生产，成批生产和单件生产三种类型。

1. 单件生产

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，重型机械制造、专用设备制造和新产品试制都属于单件生产。

2. 大量生产

产品的产量很大，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。

3. 成批生产

一年中分批轮流地制造几种不同的产品，每种产品均有一定的数量，工作地的加工对象周期性地重复。例如，机床、机车、电机和纺织机械的制造常属成批生产。

每一次投入或产出的同一产品（或零件）的数量称为生产批量，简称批量。批量可根据零件的年产量及一年中的生产批数计算确定。一年的生产批数根据用户的需要、零件的特征、流动资金的周转、仓库容量等具体情况确定。

按批量的多少，成批生产又可分为小批、中批和大批生产三种。在工艺上，小批生产和单件生产相似，常合称为单件小批生产；大批生产和大量生产相似，常合称为大批大量生产。

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或工作地每月担负的工序数，参考表 1-3 确定。

表 1-3 生产类型和生产纲领等的关系

生产类型	生产纲领（台/年或件/年）			工作地每月担负的工序数 （工序数/月）
	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	不作规定
小批生产	>100~500	>10~150	>5~100	>20~40
中批生产	>500~5000	>150~500	>100~300	>10~20
大批生产	>5000~50000	>500~5000	>300~1000	>1~10
大量生产	>50000	>5000	>1000	1

注：小型机械、中型机械和重型机械可分别以缝纫机、机床（或柴油机）和轧钢机为代表。

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。

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

表1-4 不同机械产品的零件重量型别

(kg)

机械产品类别	零件的重量		
	轻型零件	中型零件	重型零件
电子机械	≤ 4	$>4 \sim 30$	>30
机床	≤ 15	$>15 \sim 50$	>50
重型机械	≤ 100	$>100 \sim 2000$	>2000

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。

统计表明，目前我国机械工业中，批量为 10~100 件的零件约占生产零件种类总数的 70%。1972 年，国际生产工程研究协会（CIRP）曾对美国、日本和欧洲各工业部门所采用的生产类型，进行过一次调查，

其调查结果如图 1-4 所示。图中的大批生产是指年产量为一万至几万件，大量生产是指年产量为十万件以上。由图 1-4 可知，无论是零件种类还是零件产值，单件和小批生产的零件都占多数。

随着科学技术和生产技术的进步，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。

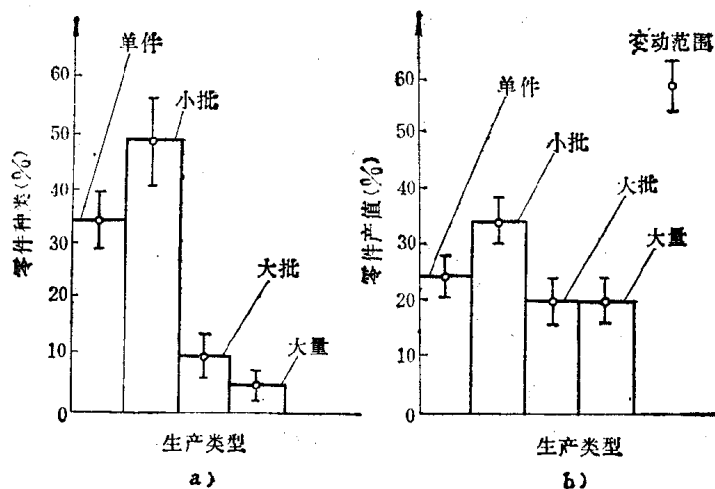


图1-4 生产类型（美、日、欧洲）的分布情况

(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、达到的技术经济效果等也不同。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。

四、获得加工精度的方法和工件的装夹方式

人们在长期的生产实践中，创造出许多机械加工方法。这些方法的目的，要使工件获得一定的尺寸精度、形状精度、位置精度和表面质量。

(一) 获得形状精度的方法

1. 刀尖轨迹法

依靠刀尖的运动轨迹，获得形状精度的方法称为刀尖轨迹法。刀尖的运动轨迹取决于刀具和工件的相对成形运动，因而所获得的形状精度取决于成形运动的精度。普通车削、铣削、刨削和磨削等均属刀尖轨迹法。

2. 仿形法

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

刀具按照仿形装置进给对工件进行加工的方法称为仿形法。仿形法所得到的形状精度取决于仿形装置的精度及其它成形运动精度。仿形车、仿形铣等均属仿形法加工。

3. 成形法

利用成形刀具对工件进行加工的方法称为成形法。成形刀具替代一个成形运动。成形法所获得的形状精度取决于成形刀具的形状精度和其它成形运动精度。用成形刀具或砂轮的车、铣、刨、磨、拉等都属成形法。

4. 展成法(滚切法)

利用工件和刀具作展成切削运动进行加工的方法称为展成法。展成法所得被加工表面是刀刃和工件作展成运动过程中所形成的包络面, 刀刃形状必须是被加工面的共轭曲线。它所获得的精度取决于刀刃的形状和展成运动的精度等。滚齿、插齿、磨齿、滚花键等均属展成法。

(二) 获得尺寸精度的方法

1. 试切法

通过试切-测量-调整-再试切, 反复进行到被加工尺寸达到要求为止的加工方法称为试切法。试切法的生产率低, 但它不需复杂的装置, 加工精度取决于工人的技术水平, 故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, 以保证工件被加工尺寸的方法称为调整法。影响调整法精度的因素有: 测量精度、调整

精度、重复定位精度等。当生产批量较大时,调整法有较高的生产率。调整法对调整工的要求高,对机床操作工的要求不高。常用于成批生产和大量生产。

3. 定尺寸刀具法

用刀具的相应尺寸来保证工件被加工部位尺寸的方法称为定尺寸刀具法。影响尺寸精度的因素有:刀具的尺寸精度、刀具与工件的位置精度等。当尺寸精度要求较高时,常用浮动刀具进行加工,就是为了消除刀具与工件的位置误差的影响。定尺寸刀具法操作方便,生产率较高,加工精度也较稳定。钻头、铰刀、多刃镗刀块等加工孔均属定尺寸刀具法,应用于各种生产类型。拉刀拉孔也属定尺寸刀具法,应用于大中批生产和大量生产。

4. 主动测量法

在加工过程中,边加工边测量加工尺寸,并将所测结果与设计要求的尺寸比较后,或使机床继续工作,或使机床停止工作,这就称为主动测量法。目前,主动测量中的数值已经可用数字显示。主动测量法把测量装置加入到工艺系统(机床、刀具、夹具和工件组成的统一体)中,成为其第五个因素。主动测量法质量稳定,生产率高,有发展方向。

5. 自动控制法

这种方法是把测量、进给装置和控制系统组成一个自动加工系统,加工过程依靠系统自动完成的。初期的自动控制法是利用主动测量和机械或液压等控制系统完成的。目前已采用按加工要求预先编排的程序,由控制系统发出指令进行工作的程序控制机床(简称程控机床)或由控制系统发出数字信息指令进行工作的数字控制机床(简称数控机床),以及能适应加工过程中加工条件的变化,自动调整加工用量,按规定条件实现加工过程最佳化的适应控制机床进行自动控制加工。自动控制法加工的质量稳定,生产率高,加工柔性好,能适应多品种生产,是目前机械制造的发展方向和计算机辅助制造(CAM)的基础。

(三) 获得位置要求(位置尺寸和位置精度)的方法

工件的位置要求取决于工件的装夹方式及其精度。获得位置要求(位置尺寸和位置精度)的方法——工件的装夹(定位和夹紧)方式有:

(1) 用夹具装夹 夹具是用以装夹工件(和引导刀具)的装置。夹具上的定位元件能使工件迅速获得正确位置,因而工件定位方便,定位精度高而稳定。当以精基准定位时,工件的定位精度一般可达 0.01mm 。所以,用夹具装夹工件广泛用于成批大量生产。但是,由于制造专用夹具费用高,周期长,因此在单件小批生产时,很少采用专用夹具,当加工位置精度要求高的工件时,可用标准元件组装的组合夹具。

(2) 找正装夹 找正是用工具(和仪表)根据工件上有关基准,找出工件在加工(或装配)时的正确位置的过程。用找正方法装夹工件称为找正装夹。找正装夹又可分为:

1) 划线找正装夹 此法是用划针根据毛坯或半成品上所划的线为基准找正它在机床上正确位置的一种装夹方法。如图1-5所示的车床床身毛坯,为保证床身各加工面和不加工面的位置尺寸及各加工面的余量,可先在钳工台上划好线,然后在龙门刨床工作台上用千斤顶

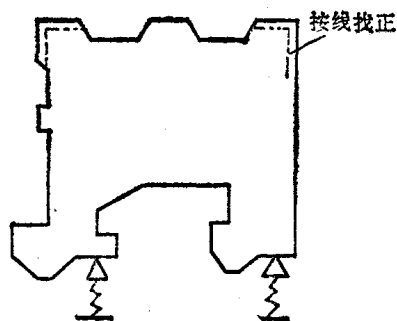


图1-5 划线找正装夹

支起床身毛坯，用划针按线找正并夹紧，再对床身底平面进行粗刨。由于划线既费时，又需技术水平高的划线工，划线找正的定位精度也不高，所以划线找正装夹只用在批量不大，形状复杂而笨重的工件，或毛坯的尺寸公差很大，无法采用夹具装夹的工件。

2) 直接找正装夹 此法是用划针和百分表或目测直接在机床上找正工件位置的装夹方法。如图 1-6 所示是用四爪卡盘装夹套筒，先用百分表按工件外圆 A 进行找正后，再夹紧工件进行外圆 B 的车削，以保证套筒的 A、B 圆柱面的同轴度。此法的生产率较低，对工人的技术水平要求高，所以一般只用于单件小批生产中。若工人的技术水平很高，且能采用较精确的工具和量具，那么直接找正装夹也能获得较高的定位精度。

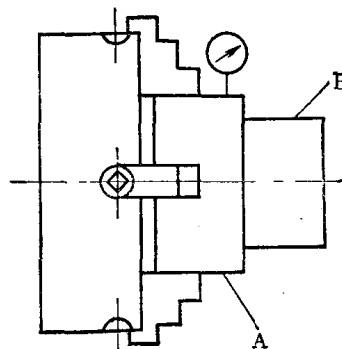


图1-6 直接找正装夹

表 1-6 中列出了找正装夹法的定位误差。

表1-6 找正装夹法的定位误差

(mm)

基准面状态	找 正 用 工 具 种 类					
	粉笔印	划针盘	水平尺	深度千分尺	百分表	长度量规
以划线作基准	—	0.5	—	0.25	—	—
以毛面作基准	1.5	—	—	—	—	—
以已加工面作基准	—	0.25	0.01	0.10	0.05	0.05

五、工艺规程的概念、作用、类型及格式

(一) 工艺规程的概念

规定零件制造工艺过程和操作方法等的工艺文件称为机械加工工艺规程。它是在具体的生产条件下，最合理或较合理的工艺过程和操作方法，并按规定的形式书写成工艺文件，经审批后用来指导生产的。

(二) 工艺规程的作用

工艺规程是在总结实践经验的基础上，依据科学的理论和必要的工艺试验后制订的，它反映了加工中的客观规律。因而，工艺规程是指导工人操作和用于生产、工艺管理工作的主要技术文件，又是新产品投产前进行生产准备和技术准备的依据和新建、扩建车间或工厂的原始资料。此外，先进的工艺规程还起着交流和推广先进经验的作用。典型和标准的工艺规程能缩短工厂的生产准备时间。

工艺规程是经过逐级审批的，因而也是工厂生产中的工艺纪律，有关人员必须严格执行。但工艺规程也不是一成不变的。随着科学技术的进步和生产的发展，工艺规程会出现某些不相适应的问题，因而工艺规程应定期整顿，及时吸取合理化建议、技术革新成果、新技术和新工艺，使工艺规程更加完善和合理。

(三) 工艺规程的类型和格式

根据机械电子工业部指导性技术文件 JB/Z338.5—88《工艺管理导则 工艺规程设计》中规定工艺规程的类型有：

(1) 专用工艺规程——针对每一个产品和零件所设计的工艺规程。

(2) 通用工艺规程

1) 典型工艺规程——为一组结构相似的零部件所设计的通用工艺规程。

2) 成组工艺规程——按成组技术原理将零件分类成组, 针对每一组零件所设计的通用工艺规程。

(3) 标准工艺规程——已纳入标准的工艺规程。

本章主要阐述零件的机械加工专用工艺规程的制订。它是其它几种工艺规程制订的基础。

为了适应工业发展的需要, 加强科学管理和便于交流, 机械电子工业部还制订了指导性技术文件 JB/Z187.3—88《工艺规程格式》, 要求各机械制造工厂按统一规定的格式填写。

按照规定, 属于机械加工工艺规程的有:

- 1) 机械加工工艺过程卡片。
- 2) 机械加工工序卡片。
- 3) 标准零件或典型零件工艺过程卡片。
- 4) 单轴自动车床调整卡片。
- 5) 多轴自动车床调整卡片。
- 6) 机械加工工序操作指导卡片。
- 7) 检验卡片等。

属于装配工艺规程的有:

- 1) 工艺过程卡片。
- 2) 工序卡片。

最常用的机械加工工艺过程卡片和机械加工工序卡片的格式见表1-7和表1-8所示。

表1-7 机械加工工艺过程卡片是以工序为单位, 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, 大批大量生产可酌情自定。本卡片是生产管理方面的文件。

表1-8 机械加工工序卡片是在工艺过程卡片的基础上, 进一步按每道工序所编制的一种工艺文件。一般具有工序简图(图上应标明定位基准、工序尺寸及公差、表面粗糙度要求, 用粗实线表示加工部位等), 并详细说明该工序中每个工步的加工内容、工艺参数、操作要求以及所用设备和工艺装备等。工序卡片主要用于大批大量生产中所有的零件, 中批生产中的复杂产品的关键零件以及单件小批生产中的关键工序。

实际生产中, 并不需要各种文件样样俱全。标准中允许结合具体情况, 适当增减。未规定的其它工艺文件格式, 可根据需要自定。

六、制订工艺规程的基本要求、主要依据和制订步骤

(一) 制订工艺规程的基本要求

制订工艺规程的基本要求, 是在保证产品质量的前提下, 能尽量提高生产率和降低成本。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, 并保证良好的劳动条件。

由于工艺规程是直接指导生产和操作的重要技术文件, 所以工艺规程还应做到正确、完整、统一和清晰, 所用术语、符号、计量单位、编号等都要符合相应标准。

(二) 制订工艺规程的主要依据(即原始资料)