

职工高等工业专科学校试用教材

机械制造 工艺学

职工大学机制专业教学研究会编

北京科学技术出版社



职工高等工业专科学校试用教材

机械制造工艺学

职工大学机制专业教学研究会 编

北京科学技术出版社

职工高等工业专科学校试用教材

机械制造工艺学

职工大学机制专业教学研究会 编

★

北京科学技术出版社出版

北京景山学校印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 15.75印张 384,000字

1986年6月第一版 1986年6月第一次印刷

印数1—12,500册

统一书号15274.053 定价2.80元

前 言

为适应我国职工(业余)大学及其他成人高等学校机制专业的教学需要,我会根据原教育部成人高教局一九八二年召开的广州会议拟定的职工高等工业专科学校《机械制造工艺及设备专业教学计划》,组织编写了《金属切削原理与刀具》、《液压传动》、《机械制造工艺学》、《机床夹具设计》、《金属切削机床概论与设计》等五门专业课教学大纲,经机械工业部教育局同意,推荐供各职工大学试用。我会根据上述教学大纲,组织有关职工大学具有丰富教学经验和实践经验的教师,在总结职工高校多年来教学实践的基础上,本着教育要“面向现代化,面向世界,面向未来”的精神,按照“少而精”和理论联系实际的原则,经过多次讨论和审定,编写出这套较适合职工高校教学特点的五门专业课教材。

本套教材,贯彻“重视基础课,加强技术基础课的主干课,学好专业课”的精神,力求体现职工高校的特色,着眼于学生在应用技术方面能力的培养,内容较充分地反映了时代气息,注意引用新技术、新成就,通俗易懂,便于自学。

本套教材供职工(业余)大学及其他成人高等工业专科学校机制专业使用;也可供普通高校,中专机制专业师生及有关工程技术人员参考使用。

本套教材的出版得到机械工业部教育局的大力支持。

《机械制造工艺学》一书是按机械工业部教育局推荐的职工大学机制专业教研会苏州会议制订的《机械制造工艺学教学大纲》编写的。

全书由绪论,机械加工工艺规程的制订,机械加工精度,机械加工的表面质量,典型零件加工工艺,提高机械加工生产率的途径和装配工艺等章组成。主要篇章如“机械加工工艺规程的制订”中增加了工艺工作标准、工艺文件的完整性和工艺尺寸链的图算法,说理深入浅出,方法简炼实用。典型零件加工选例兼顾行业的多样性。机械加工精度和表面质量等各章重点放在应用,对于各种学说理论问题不作过多分析阐述。本书还简要介绍了计算机辅助编制工艺规程,成组加工技术等新技术。

为方便教学及与本书配套,将另行编写习题集、课程设计指导书及实验指导书等,供各校选用。

参加本书编写的有霍千,沈法仁,潘学忠,隋金福,徐明信,肖泽焜,冀家璞,付章根,何战国,王少雄等同志,由霍千、沈法仁二同志主编,由上海工业大学丘第魁副教授主审。在编写过程中,潘学忠,郭让恢,王海等同志对书稿的文字、图表的校改做了很多工作。

本书在编审过程中,得到各有关院校,有关科研单位和工厂的大力支持,谨此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,诚心地希望对本书的缺点错误提出批评指正。

职工大学机制专业教研会

目 录

绪 论	(1)
第一章 机械加工工艺规程的制订	(3)
§ 1-1 基本概念	(3)
§ 1-2 获得加工精度的方法	(7)
§ 1-3 工艺规程概述	(10)
§ 1-4 制订工艺规程中的主要问题	(12)
§ 1-5 工艺尺寸链	(26)
§ 1-6 孔系坐标尺寸的计算	(46)
§ 1-7 制订机械加工工艺过程的实例	(49)
§ 1-8 工艺方案比较与技术经济分析	(57)
§ 1-9 计算机辅助工艺过程设计	(60)
第二章 机械加工精度	(73)
§ 2-1 概述	(73)
§ 2-2 原理误差	(74)
§ 2-3 机床、夹具、刀具的制造精度和磨损对加工精度的影响	(75)
§ 2-4 工艺系统受力变形及其对加工精度的影响	(87)
§ 2-5 工艺系统热变形及其对加工精度的影响	(100)
§ 2-6 度量误差和调整误差	(107)
§ 2-7 内应力引起的误差	(111)
§ 2-8 加工误差的综合分析	(113)
§ 2-9 保证和提高加工精度的途径	(133)
第三章 机械加工的表面质量	(142)
§ 3-1 零件的表面质量及其对使用性能的影响	(142)
§ 3-2 影响机械加工表面粗糙度的因素	(144)
§ 3-3 影响表面物理机械性能的工艺因素	(147)
§ 3-4 机械加工中的振动	(150)
§ 3-5 控制表面质量的工艺途径	(158)
第四章 典型零件的加工	(164)
§ 4-1 车床主轴加工	(164)
§ 4-2 曲轴加工	(176)
§ 4-3 连杆加工	(183)
§ 4-4 圆柱齿轮加工	(191)
第五章 提高机械加工生产率的途径	(204)
§ 5-1 概述	(204)

§ 5-2	提高机械加工生产率的工艺措施	(205)
§ 5-3	机械加工自动化	(209)
§ 5-4	成组技术	(212)
第六章	机械装配工艺	(227)
§ 6-1	装配工作概述	(227)
§ 6-2	装配工艺方法	(228)
§ 6-3	装配尺寸链	(234)
§ 6-4	装配工艺规程的制订	(242)

绪 论

一、机械制造业的发展概况

机械制造业是一项基础工业,在国民经济中起着重要的作用。它为国民经济的各部门提供机械装备。在社会主义建设事业中,需要机械制造业提供的产品品种和数量日益增多,同时对产品的质量要求也越来越高,这就更进一步促进机械制造业的发展,以满足四个现代化建设的需要。

在很长的一段时间里,机械制造工艺只是依靠工匠的技艺和经验,产品质量也主要是靠制造者的经验和技巧来保证。随着生产的发展,生产工具日益完善,积累了大量的生产经验,又加之各门学科之间的发展和互相渗透,机械制造业近年来得到飞速的发展。

由于科学技术的发展,宇航、军工、电子等工业对零件的加工质量和精度的要求越来越高。这就必须深入研究提高产品质量的各种新工艺、新技术及控制质量的措施,以保证和提高加工质量。

机械制造业的另一重要发展趋势就是要不断地提高劳动生产率,即采用各种高效率的工艺方法和工艺装备。精密工艺的研究及各种少、无切削加工方法的研究推广,提高表面质量的研究等课题,在机械制造业中愈来愈受到重视。

近年来,产品品种更新很快,如何适应机械工业中多品种、中小批生产的发展趋势,已成为许多工业发达国家企业的当务之急。因此成组加工技术应运而生,并得到了很快的发展。我国也有许多工厂及科研部门在研究推广成组技术,并取得很好的效果。

组合机床自动线的加工由于和电子技术相结合,使得自动化生产日益完善。在许多自动线上,不仅能进行一般的切削加工,还能进行自动检测、分类、热处理、清洗、包装等工作。由于数控机床的加工技术、加工中心以及自适应控制系统的推广使用,正逐步形成一个完整的计算机辅助制造系统。计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)的逐步结合,将更加速促进机械制造业的发展。

二、本课程的任务、研究对象及主要内容

对于任何零件的制造工艺过程最基本的要求是要满足以下两个方面:一是质量要求,即达到设计者所要求的零件形状,尺寸精度,表面质量,以及物理机械性能;二是要求生产时消耗的物质和劳动量要最少,也就是生产率高,成本低。至于在生产过程中如何处理这两个原则,则必须是首先满足质量要求,在此前提下应不断提高劳动生产率和降低成本。保证零件加工质量,提高劳动生产率和经济性是研究工艺过程的出发点,也是本课程的重要内容。

在最佳经济效果下达到设计图纸规定的加工精度是工艺人员的主要任务。提高精度要求具有很大意义。如提高毛坯制造精度可以减少机械加工工作量;提高机械加工精度又可缩短装配阶段的劳动量。研究造成加工误差的各种因素,以便采取有效措施,使生产顺利进行,也是工艺人员的主要职责之一。

零件的加工质量在本课程中将分成加工精度、表面质量两章来研究,重点研究工艺系统的误差的形成,刚度和热变形以及加工误差分析等问题。在研究表面质量问题时,对影响表

面质量的因素及振动等问题进行研究和探讨。

工艺学的任务之一是研究如何制订工艺规程。其中主要问题有加工方法的选择,余量和工序尺寸的确定,基准选择,工序顺序安排,以及工艺尺寸链的计算等。同时介绍了电子计算机辅助设计方法,以减少工艺人员的劳动量,为缩短生产准备周期创造了条件。这些内容都在机械加工工艺规程制订一章中研究。为了说明一些实际零件的制造工艺过程,本课程讲述了几类常见的典型零件的制造工艺,这方面内容在典型零件加工一章中进行了介绍。考虑到职工大学机械专业所面临的行业很多,各学校也可以结合自己情况补充编写新的内容并增加现场教学环节,以提高教学效果。

书中最后一章“机械装配工艺”介绍了装配工艺的一般原理,包括装配精度的保证方法,装配尺寸链的解法以及装配工艺规程的制订等。

为了进一步了解机械制造业的发展和前景,在书中用一章介绍了提高劳动生产率的基本途径,使学生能在考虑提高生产率方面有所借鉴。在大批量生产的工厂中,一般广泛采用高效、自动化的专用工艺装备,组织机械化、自动化的生产线,使加工产品生产率高,成本低,制造工艺具有先进性。但由于科学技术的不断发展,人们的需求也日新月异,所以许多产品的品种不断翻新,更迭很快,因此国内外机械制造业属于中小批量生产者居多数,所以在这些工厂中如何提高效率,降低成本,缩短生产准备周期,是当前各国十分重视的问题。成组加工技术,就是通过将零件分类编组以扩大生产批量,这就可能采用类似于大批大量生产的技术,取得大批大量生产一样的经济效益。

三、本课程的特点和学习方法

机械工业是为国民经济各部门提供技术装备的,在实现四个现代化中担负着重大的任务。为了大规模培养从事机械工业的人才,在大多数设有机械制造工艺专业的大专院校及职工大学中都开设机械制造工艺学这门专业课程。

机械制造工业本身是这门学科建立的基础。本课程中讲的工艺过程的概念、理论、方法等都是来自生产和科研的实践。生产的发展丰富了制造工艺学,而工艺理论的发展,又指导并促进生产的发展。目前我国的机械工艺水平与国际上先进工艺水平相比还有一定的差距,如加工精度低,生产劳动量大,成本高,机械化、自动化的程度低,新产品生产准备周期长等等。因此要大力进行工艺研究,提高我们的工艺水平,这是我们学习这门课程的目的之一。

机械制造工艺学是机械制造工艺专业学生的一门主要专业课。它需要有加工方法、机床、工具、测量等方面的知识,因此它是一门实用的,又是综合性的技术科学。所以在学习本课程时,要经常深入现场,进行生产实习和现场教学。

由于本课程的内容庞杂,知识面广,随着生产的发展它还在不断地前进。在说明工艺过程和工艺方法的一些原则、原理方面,大多数还只能用理论概括说明,有不少问题还难用数学方法揭示其严密关系。

学生在学习本课程时,应具有一般的机械加工知识基础,如金属工艺学,金属切削原理及刀具,金属切削机床,公差与技术测量,金属材料与热处理,机械原理,机械零件等。此外学生应具有一定的生产实习经验(在职工大学中学生也不是都具有机械加工实践经验的,因此仍有必要进行生产实习),这样对本课程所提出的各种问题才易于理解和接受。

最后要指出的是工艺理论和工艺方法的应用的灵活性是很大的,因此必须实事求是;根据具体情况做出具体分析,才能把有关理论和方法正确应用于生产。

第一章 机械加工工艺规程的制订

§ 1-1 基本概念

一、生产过程

任何一种产品都有各自的生产过程。机械产品的生产过程是指由原材料转变为成品的全过程。它包括：

- (一) 原材料的运输和保存；
- (二) 生产准备工作；
- (三) 毛坯的制造；
- (四) 零件的机械加工；
- (五) 零件的热处理；
- (六) 产品的装配与调试；
- (七) 检验；
- (八) 油漆与包装等。

随着专业化生产的发展，很多机械产品往往不是在一个工厂内单独生产，而是由许多工厂协作完成。例如一个汽车制造厂要利用许多其它工厂的产品，如玻璃、电气设备、轮胎、仪表等，来完成整个汽车的生产过程。因此，一个工厂的产品可以是整台机器，也可能只是几个零、部件。即使是一个零、部件，还可由其它专业厂提供铸、锻件毛坯。专业化生产协作不仅简化了工厂的生产过程，而且有利于零、部件的通用化、标准化和系列化，为提高质量、扩大批量和降低成本创造了条件。

工厂的生产过程又可分为若干个车间的生产过程。某个车间的成品，可能是另一个车间的原材料或半成品。例如铸造或锻造车间的成品就是机械加工车间的原材料。实际上，厂内各车间之间也同样存在生产协作关系。

生产过程涉及生产组织、工艺技术、计划调度和管理工作等多个方面，各个生产环节又互相联系、互相影响。因此，生产过程应作为一个整体来全面地安排，才能获得良好的技术和经济效益。当前新兴的“生产系统工程”学科，借助于电子计算机来进行分析和控制生产过程，对于使动态的生产过程始终能在最佳状态下进行具有重大意义。

二、工艺过程

生产过程中，由毛坯制造起，到油漆为止的过程是与原材料转变为成品直接有关的过程，称为工艺过程，是生产过程中的主要部分。其它过程则称为辅助过程。

工艺就是制造产品的方法。工艺过程包括毛坯制造工艺过程、机械加工工艺过程、热处理工艺过程和装配工艺过程等方面的内容。通常所说的机械制造工艺过程是零件的机械加工工艺过程和产品的装配工艺过程的合称。

机械加工工艺过程是利用机械加工方法，直接改变毛坯的形状和尺寸，使其转变为成品的那一部分生产过程。为便于叙述，将机械加工工艺过程简称为“工艺过程”。

机器零件要经过毛坯制造、机械加工、热处理等过程才能变为成品。它通过的整个路线称为工艺路线或工艺流程。工艺路线是制订工艺过程卡和进行车间分工的重要依据。

三、工艺规程

由于机械加工方法的多样性，任何零件的工艺过程都可以是多种多样的。其中总有一种工艺过程在具体的生产条件下是最合理的。将这个最合理的工艺过程的各项内容归纳整理，按规定的格式写成书面文件，经审批后用来指导生产，就是工艺规程。它是主要的工艺文件之一。实际上，它就是合理的工艺过程的书面化、文件化。

四、工艺过程的组成

毛坯进入机械加工后，要按一定的加工程序先后在一些机床上或其它工作地点进行加工，逐步转变为成品。工艺过程就由这些加工程序组成。它可以细分为如下的组成部分：

(一) 工序

一个或一组工人，在一个固定的工作地点，利用机床或台钳对一个或几个工件进行加工所连续完成的那一部分工艺过程，称为一个工序。工件常要经若干个工序才能转变为成品。

划分工序的主要标志是：工作是否连续和工作地点是否变动。

工序是工艺过程的基本组成部分，是生产计划和经济核算的基本单元。一般把仅列出工序名称的简略工艺过程称为工艺路线。

(二) 工步

在一个工序内，当加工表面、切削工具和切削用量中的切削速度和进给量都保持不变时所完成的那一部分工艺过程称为工步。三种因素中任一因素改变后，即成为新的工步。

对于那些连续进行的若干个相同的工步，习惯上常看作一个工步。例如图1-1所示零件，钻削四个 $\phi 15$ 孔，用一个钻头顺次进行加工，加工表面的形状、尺寸完全相同，切削用量亦不变，可看作是一个工步。

如果采用复合刀具或多刀切削，同时加工几个表面的工步称为复合工步，仍算作一个工步。如图1-2所示，用两把车刀和一个钻头同时加工三个表面，是一个复合工步。

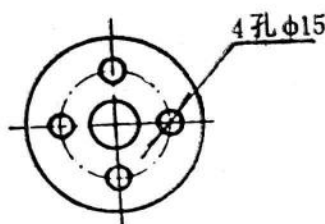


图1-1 包括四个相同加工表面的工步

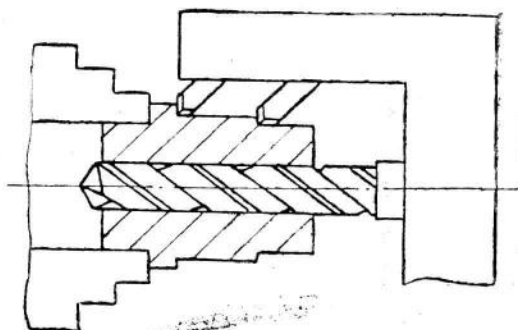


图1-2 复合工步

(三) 走刀

在一个工步中，若因余量过大，需分几次切削，每次切深大致相同，则切削一次就是一次走刀。走刀也称行程次数。

(四) 安装

工件加工前，使其在机床上或夹具中进行定位和夹紧的过程称为安装。安装要保证工件

获得正确而确定的加工位置。

一个工序中，工件可能安装一次，也可能安装几次。多一次安装，就多产生一次误差，且增加装拆工件的辅助时间。因此，应尽量减少安装次数。

(五) 工位

工件在机床上占据的每一个加工位置称为工位。每个工位一般都有相应的加工表面。

为了减少工件的安装次数，常采用转位夹具、回转工作台等，使工件在一次安装中先后处于几个不同的工位进行加工，称为多工位。图1-3所示为利用转位夹具，在工件一次安装中完成装拆工件、钻孔、扩孔、铰孔四个工位加工的实例。

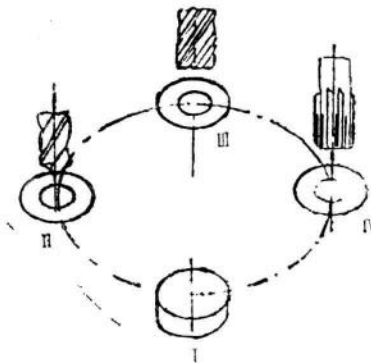


图1-3 四工位加工

工位 I —装拆 工位 II —钻孔
工位 III —扩孔 工位 IV —铰孔

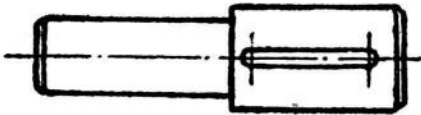


图1-4 台阶轴

整个工艺过程由若干道工序组成。每个工序包括一个或几个工步，一次或几次安装。每个工步包括一次或几次走刀。每次安装可能有一个或几个工位。

图1-4所示台阶轴，技术要求不高。加工内容有：切一端面，打中心孔；切另一端面，打中心孔；车大外圆，大外圆倒角；车小外圆，小外圆倒角；铣键槽及去毛刺等十项。由于车间条件及生产批量不同，可以采用不同的工艺过程来完成台阶轴的加工。这里仅用单件小批生产及大批大量生产两种类型为例，说明工艺过程的组成。

表1-1为单件小批生产的工艺过程；表1-2为大批大量生产的工艺过程。可以看出：工艺过程的组成情况是不同的。

表 1-1 单件小批生产的工艺过程

工序号	工 序 内 容	设 备
1	车一端面，打中心孔； 调头； 车另一端面，打中心孔。	车 床
2	车大外圆及倒角； 调头； 车小外圆及倒角。	车 床
3	铣键槽； 去毛刺。	铣 床

表 1-2 大批大量生产的工艺过程

工序号	工 序 内 容	设 备
1	铣端面、打中心孔。	铣端面打中心孔机床
2	车大外圆及倒角。	车床
3	车小外圆及倒角。	铣床
4	铣键槽。	键槽铣床
5	去毛刺。	钳工台

单件小批生产时，整个工艺过程只分三个工序。工序 1 中有两次安装、四个工步。工序 2 也是如此。工序 3 中，操作工人在铣键槽的同时，还要担负去毛刺工作。选用的设备均为通用机床。

大批大量生产中，整个工艺过程分为五个工序。工序 1 中采用两端同时加工的方法，有一次安装、两个工步。车大、小外圆及倒角分为两个工序，每个工序中各有一次安装、两个工步。去毛刺必须另立工序是因为大量生产时选用高效率专门化机床，操作者忙于装拆工件和操作机床，无暇顾及去毛刺。

由以上实例可以看出，工艺过程中工序的划分和加工内容的安排与生产类型有着密切的关系。

五、生产类型

（一）生产性质

产品的生产性质分为样机试制、小批试生产、正式批量生产三种。样机试制阶段主要是验证产品设计结构，工艺过程不需专门考核；小批试生产阶段主要是验证工艺和工装，因此工艺文件基本上与正式批量生产时相同。通过验证后，进行修改和补充，使正式批量生产时的工艺文件更加完善。

（二）生产纲领

产品的年产量称为产品的生产纲领。零件的生产纲领是指包括备品及废品在内的年产量。可按下式计算：

$$N = Q \cdot n(1 + a\%)(1 + b\%)$$

式中 N ——零件的生产纲领（件/年）；

Q ——产品的生产纲领（台/年）；

n ——每台产品中该零件数（件/台）；

$a\%$ ——备品率；

$b\%$ ——废品率。

（三）生产类型

按工厂的生产情况，分为三种生产类型：

1. 单件生产——单个地制造不同结构和不同尺寸的产品，各个工作地点的加工对象经常改变，很少重复甚至完全不重复，称为单件生产。例如新产品试制、重型机械制造等。

2. 大量生产——产品的生产纲领很大，大多数工作地点经常按一定的生产节拍进行某一种零件的某一个工序的重复加工，称为大量生产。例如汽车、拖拉机、轴承等的生产都以大量生产方式进行。

3. 成批生产——一年中分批地轮流制造几种不同的产品，工作地点的加工对象周期性地轮流，生产呈周期性重复，称为成批生产。如机床制造、机车制造等。

产品周期性地投入生产，每批投产的相同产品的数量称为批量。按每批数量的多少，成批生产又可分为小批、中批和大批。小批生产在工艺上接近于单件生产，常合称为单件小批生产；大批生产则接近于大量生产，常合称为大批大量生产。中批生产的工艺特点介于两者之间。

产品生产类型的具体划分是个复杂问题。常用的划分方法有两种：一种方法是按工作地点每月所担负的工序数来划分。工作地点每月担负的工序数越少，专业化程度就越高；反

之,就低。可以按班组、车间或工厂内占主导地位的工作地点的生产类型来确定相应级别的生产类型。另一种方法是按产品的年产量来划分,同时考虑到产品的具体情况。对于不同的产品。虽然年产量相同,却可能不是同一个生产类型。因此,还需细分为重型机械如轧钢机、中型机械如柴油机、轻型机械如缝纫机等。这两种划分法的具体标准均列于表 1-3 中。

表 1-3 生产类型划分方法

生产类型	工作地点每月 担负的工序数	产品的年产量		
		重型机械	中型机械	轻型机械
单件生产	不作规定	< 5	< 20	< 100
小批生产	> 20~40	5~100	20~200	100~500
中批生产	> 10~20	—	200~500	500~5000
大批生产	> 1~10	—	500~5000	5000~50000
大量生产	1	—	> 5000	> 50000

(四) 生产节拍

在大批大量生产中,常采用自动线进行生产。自动线生产不仅加工设备是自动的,各工序间工件的输送也是自动的。因此,各工序的加工时间要一致,要有一个统一的节拍,称为生产节拍。用 T_{JP} 表示,可用下式计算:

$$T_{JP} = \frac{60T}{N} \eta \text{ (分钟/件)}$$

式中 T ——年基本工时(小时/年);采用单班制时 $T = 2350$ 小时/年。

N ——零件的生产纲领(件/年);

η ——设备负荷率,对自动线来说约为0.65~0.85。

六、工艺过程与生产类型的关系

不同的生产类型,工艺过程有很大的差别。诸如对毛坯的要求,采用的机床设备及工、夹、量具,对工人的要求,工序的划分和工艺文件的详细程度等均不相同。各种生产类型工艺过程的特点可归纳成表 1-4。

§ 1-2 获得加工精度的方法

零件的加工精度是指零件表面的形状精度、尺寸精度和相互位置精度三个方面。零件表面的加工方法是多种多样的,但要获得高的精度,需要有确当的方法。

一、获得表面形状的方法

工件的表面形状主要靠刀具和工件作相对的成形运动来获得。成形运动由统称为发生线的母线和导向线组成。形成发生线的办法一般有三种:

(一) 刀尖轨迹法

依靠刀尖的运动轨迹来获得所要求的表面几何形状的方法,称为刀尖轨迹法。刀尖为一个点,其运动轨迹决定于刀具和工件的相对成形运动。所得到的形状精度取决于成形运动的精度。一般的车削、刨削均属此法。

表 1-4 各种生产类型的工艺过程的主要特点

特 点	单 件 生 产	成 批 产 产	大 量 生 生
工 件 的 互 换 性	一般是配对制造, 没有互换性, 广泛用钳工修配。	大部分有互换性。少数用钳工修配。	全部有互换性。某些精度较高的配合件用分组选择装配法。
毛 坯 的 制 造 方 法 及 加 工 余 量	铸件用木模手工造型; 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。	铸件广泛采用金属模机器造型, 锻件广泛采用模锻, 以及其他高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高, 加工余量少。
机 床 设 备	通用机床。按机床种类及大小采用“机群式”排列。	部分通用机床和部分高生产率机床。按加工零件类别分段排列。	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床。按流水线形式排列。
夹 具	多用标准附件, 极少采用夹具, 靠划线及试切法达到精度要求。	广泛采用夹具, 部分靠划线法达到精度要求。	广泛采用高生产率夹具及调整法达到精度要求。
刀 具 与 量 具	采用通用刀具和万能量具。	较多采用专用刀具及专用量具。	广泛采用高生产率刀具和量具。
对 工 人 的 要 求	需要技术熟练的工人。	需要一定熟练程度的工人。	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 规 程	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。	有详细的工艺规程。

(三) 成形刀具法

刀具的切削刃在切削基面上投影的形状就是加工表面母线的形状, 机床只需一个成形运动就能形成加工表面的方法, 称为成形刀具法。它所得到的表面形状精度既取决于成形运动的精度, 也取决于刀刃的形状精度。用成型车刀加工回转曲面、拉削、螺纹切削等均属成形刀具法。

(二) 展成法

刀具与工件作具有确定速比关系的展成运动, 被加工表面是刀刃在展成运动中形成的包络面; 刀刃则必须是被加工表面轮廓曲线的共轭曲线。用这种方法来得到加工表面, 称为展成法。其表面形状精度决定于机床传动链精度、刀刃形状精度。常见的滚齿、插齿等齿轮加工方法即是展成法。

由上可见, 影响表面形状精度的主要因素有:

1. 机床回转运动、直线运动和传动链等的精度;
2. 刀具的形状精度;
3. 其它仿形或靠模导向装置等的精度。

二、获得尺寸精度的方法

(一) 试切法

刀具先在工件上试切一小段, 测量尺寸, 按尺寸差值调整刀具; 再试切, 再测量, 再调整; 如此反复数次, 直到符合规定的尺寸时, 正式切出整个加工表面。

这种方法效率低, 一般只用于单件小批生产。

(二) 定尺寸刀具法

· 用刀具的相应尺寸来保证加工表面的尺寸精度。例如钻孔、铰孔用的钻头、铰刀等，只要它们的尺寸具有一定的精度，加工出来的孔的尺寸也是一定的。

定尺寸刀具法生产率较高，加工精度也较稳定。

（三）调整法

先用试切法调整好刀具，并使刀具与工件的相对位置确定，然后加工一批工件。按机床进刀机构刻度盘读数进刀或用挡块、行程开关等进行重复定位，也属于调整法。

采用调整法时，除测量精度，进刀机构精度有影响外，重复定位精度也有影响。

调整法广泛应用于成批、大量生产中。

（四）自动控制法

使用一定的装置，当工件加工达到要求的尺寸时，自动停止加工。它是自动化了的试切法。具体方法有两种：

1. 自动测量——机床上装有自动测量工件尺寸的装置，一面加工，一面测量。工件达到要求时，测量装置发出指令，机床自动退刀并停止工作。

2. 数字控制——刀架或工作台的精确移动由数控装置发出指令，通过步进电机及滚珠丝杠螺母副实现。尺寸精度的获得由预先编好的穿孔带通过数控装置进行自动控制。

三、获得表面相互位置的方法

表面的相互位置是指工件上的加工表面相对于基准面的平行度、垂直度、同轴度等。

获得表面相互位置的方法有两种情况。一种是零件比较简单，可以在一次安装中将加工表面甚至连同基准面一并加工出来，位置精度较高。另一种是当零件比较复杂、加工面较多，不能在一次安装中加工出来时，就需要多次安装；其表面相互位置精度就决定于工件在机床上重复安装的精度。常用的安装方法有：

（一）直接找正定位安装

形状比较简单的工件，可用划针、百分表等直接在机床上找正工件位置，进行安装。

图1-5是在四爪卡盘上安装一个台阶短轴，要求待加工表面B与表面A同轴，需找正表面A。若用划针找正，定位精度可达0.5毫米左右；若A表面有一定精度并用百分表找正，定位精度可达0.02毫米左右；若运用千分表并细心找正，定位精度可达0.01~0.005毫米左右。

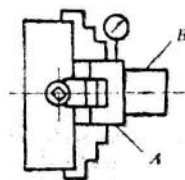


图1-5 直接找正

直接找正法效率低，对工人技术要求高。因此，只是在单件小批生产中，特别是机修或工具车间中应用较多。

（二）按划线找正定位安装

形状复杂、加工面多的箱体类零件，直接找正时往往会顾此失彼，有必要按照零件图先在毛坯上划线，并检查它们与不加工表面的尺寸和位置情况，然后按划好的线找正工件在机床上的位置，进行安装。有时，为照顾整体，需将划线适当调整，或者先后进行几次划线。

按划线找正的定位精度与线宽有关。一般约在0.2~0.5毫米之间。

按划线找正的定位精度不高，又十分费时间，还需要技术高的划线工，因此，只用在批量不大，形状复杂，尺寸与重量都较大的铸件或锻件毛坯上。

(三) 用夹具定位安装

夹具以正确的位置安装在机床上, 工件按六点定位原则在夹具中定位并夹紧, 不再需要找正。工件的定位精度一般可达0.01毫米。

用夹具安装工件, 定位精度高而稳定, 装卸方便, 节省时间, 操作要求低。但是, 制造专用夹具周期长, 费用高, 妨碍它在单件小批生产中的应用。采用组合夹具, 可以运用通用的组合夹具元件, 拼装出所需要的专用夹具, 是克服这种困难的有效途径。

§ 1-3 工 艺 规 程 概 述

一、工艺工作和工艺规程

制造一个产品需要一套完整的工艺文件。整个生产过程中, 工艺工作是十分繁重的。一般说来, 工艺工作包括下列主要内容:

- (一) 参加产品设计调研及对设计进行工艺性审查;
- (二) 编制产品工艺方案及零件工艺路线表;
- (三) 编制各种工艺规程及有关表格;
- (四) 设计有关工装及专用设备;
- (五) 开展工艺验证及车间服务工作并进行工艺总结。

以上工作均以文件的形式确定下来, 总称工艺文件。工艺规程是工艺文件中的一部分, 且是工作量最多, 影响最大, 最积极最活跃的部分; 又是其它工艺文件的基础。因此, 编制好工艺规程对整个工艺文件的制订具有十分重要的意义。

工艺规程通常包括四种主要文件: 工艺过程卡片、工艺卡片、工序卡片和工艺守则。此外, 还有工艺附图、机床调整卡片等辅助文件。必要时, 还可按实际需要增加其它文件。

工艺规程内容丰富、涉及面广。在实际工作中, 要按生产性质、生产类型和零件的复杂程度来决定工艺规程的详简程度。生产批量小, 零件又较简单时, 工艺规程可简化; 反之, 则内容要详细; 对于重要零件或特殊零件, 即使批量不大, 也要有详细的工艺规程。

工艺规程的内容反映了加工中的客观规律, 且经过逐级审批, 是工厂生产中的纪律性文件, 有关人员都应认真贯彻、严格执行。但随着生产的发展, 工艺规程会出现某些不相适应的地方。合理化建议, 新技术、新材料、新工艺以及技术革新成果等应及时纳入工艺规程。因此, 工艺规程不能一成不变, 必须及时修改、完善并定期整顿。

工艺规程一经批准执行, 它就成为指导生产的主要技术文件, 成为生产管理和组织工作的依据, 成为设计新建或扩建工厂的基础; 同时, 它也代表了工厂生产的技术水平, 是互相学习交流的重要内容之一。

二、工艺规程的标准化

为了适应工业发展的需要, 工艺管理必须科学化。因此, 机械工业部于1983年批准发布了《工艺工作程序及工艺文件》五个指导性文件, 对工艺工作程序、工艺文件的完整性、工艺规程格式及填写规则, 管理用工艺文件格式以及专用工艺装备设计文件格式等提出了明确的要求, 并规定了具体的格式。在制订工艺文件时, 必须按照上述标准提出的要求, 运用规定的格式进行编写。

《工艺规程格式及填写规则》中规定了常用的29种工艺规程格式。其中属于机械加工工艺规程的格式有: 机械加工工艺过程卡片, 机械加工工序卡片, 标准零件或典型零件工艺过

程卡片,单轴自动车床调整卡片,多轴自动车床调整卡片和工艺附图等六种。最常用的机械加工工艺流程卡片和机械加工工序卡片的规定格式可参看本章实例中所用格式。

实际工作中,有些情况并不需要各种文件样样俱全。因此,标准允许结合具体情况,适当增减。未予规定的其它工艺卡片格式,还可根据需要自定。

填写工艺规程时,要求内容简明,文字清晰、整齐,所用术语、符号、计量单位等应符合有关标准。

有关工艺工作标准的其它详细要求可参阅JB/Z187.1—82~JB/Z187.5—82《工艺工作程序及工艺文件》。

三、制订工艺规程的基本原则和方法

制订工艺规程的基本原则是:在一定的生产条件下,以最快的速度,最少的劳动量和最低费用,可靠地加工出符合图样要求的零件。为此,必须正确处理质量与数量、多与快,好与省,人与设备之间的辩证关系,在保证加工质量的前提下,选择最优的工艺方案,使得整个工艺过程技术上先进,经济上合理,并有良好的劳动条件。

制订工艺规程要求制订者具有坚实的理论基础和一定的实践经验,而且要收集许多资料,有时还需要进行必要的工艺试验。因此,制订者应认真研究原始资料;深入车间现场,开展调查研究;虚心听取工人群众的意见,结合已有的实践经验进行工艺规程编制。对于先进工艺技术的采用,应经必要的工艺试验。

四、制订工艺规程的原始资料

制订工艺规程时,必须具备下列原始资料:

- (一) 产品整套装配图和零件工作图;
- (二) 产品验收质量标准及交货状态;
- (三) 产品的生产纲领及所属生产类型;
- (四) 毛坯的生产能力及技术水平。
- (五) 本厂现有生产条件,技术水平和发展前景;
- (六) 国内外生产技术的发展情况及工艺工作动态;
- (七) 其它有关文件。例如有关劳动保护和环境保护的规定;有关价格与经济核算的规定;有关节约能源的规定等。

五、制订工艺规程的步骤

- (一) 分析研究产品的装配图和零件图;
 - (二) 确定毛坯的种类和要求;
 - (三) 选择定位基面,拟订工艺路线;
 - (四) 确定各工序所采用的设备;
 - (五) 确定各工序所采用的刀、夹、量具和辅助工具;
- 采用的标准刀具、通用夹具和万能量具等应写明名称及规格。需要采用专用的刀、夹、量具和辅助工具时,应提出设计任务书。设计任务书应按规定格式填写。
- (六) 确定各主要工序的技术要求和检验方法;
- 零件的技术要求是通过工序技术要求来保证的。有时还要通过几个工序才能最终达到图纸要求。这时就有所谓“中间技术要求”,同样应作为工序技术要求,在工艺规程中写明。对于一些主要的技术要求,应规定相应的检验方法。