

机械制造 工艺学

宋振武 主编
庄佩康



哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书共七章：机械加工工艺规程的制订、典型零件加工工艺、机械加工精度、机械加工表面质量与振动、装配工艺、特种加工方法以及计算机辅助制造。全书以工艺规程的制订为重点，以质量分析为核心，各章之后附有相应的习题。

本书可作为职工大学机械制造专业的教材，同时也适合于高等学校、电视大学、业余大学同类专业用作教材，并可供有关工程技术人员参考。

机 械 制 造 工 艺 学

宋振武 庄佩康 主编

*

哈尔滨工业大学出版社出版
新华书店首都发行所发行
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 459 000
1988年3月第1版 1988年3月第1次印刷
印数 1—3 000

ISBN 7-5603-0033-2/TH·1 定价 3.30元

前 言

本书是根据1983年5月教育部颁布的职工大学机械制造专业教学计划和1983年6月在沈阳黎明工学院召开的全国高等工科院校机械制造工艺学研究会东北分会辽宁学组教学大纲讨论会所制订的《辽宁省职工高等院校机械制造工艺学教学大纲》（供机械制造工艺及设备专业用，总学时为86学时），以及高等教育自学考试机械类专业《机械制造工艺学自学考试大纲（讨论稿）》（机械专业二年制专科用，120学时）编写的。

本书的试用版经全国二百七十余所高等工科院校试用后，编者征求了他们的意见，并组织了讨论会，然后对试用版做了认真的修改。

根据职工大学的特点，同时兼顾普通高等工科院校以及电视大学、业余自修大学的需要，编者认真地考虑了学以致用、理论密切结合生产实际的重要性，适当地反映了中、小批生产的工艺特点，在基本理论和先进技术、先进工艺方面，尽可能地反映国内外的先进水平。

考虑到我国在“七五”计划时期，计算机将在机械加工技术中迅速发展，在读者的建议下，我们增补了“计算机辅助制造”一章，供授课或自学使用。

考虑到机械制造工艺学以往的教学实践和当前生产部门的要求，本书将各种表面和典型零件加工工艺合并为一章。这些内容可作为工艺规程制订的实例，在讲授或自学时也可以与加工精度一章相互结合起来用。讲授或自学的次序和内容的取舍可由使用者灵活安排。

本书可作为职工大学、电视大学、业余自修大学及普通高等工科院校机械制造专业的教材，也可供机械制造企业的技术人员参考。

本书的第一章由黎明工学院庄佩康编写，第二章由沈阳第一机床厂职工大学覃国镇（轴、机体加工）和沈阳工业大学经以广（箱体、齿轮加工）编写，第三章由抚顺矿务局工学院姚光岩编写，第四章由东北工学院宋振武编写，第五章由沈阳机电学校穆世昌编写，第六章由大连工学院周锦进编写，第七章由东北工学院陈仁海编写。本书由宋振武、庄佩康担任主编，由大连工学院王小华担任主审。

本教材在编写和修改过程中得到了辽宁省高教局、沈阳市高教局、黎明工学院的大力支持，及沈阳市许多工厂技术人员的大力协助，东北工学院及一些职工大学的教师在修改本书试用版的过程中，提出了宝贵意见，谨向他们表示衷心感谢。

由于编者水平有限，编写和修改的时间又很仓促，书中定存在某些不当之处，恳请本书的使用者批评指正。

编 者

1987年于沈阳

目 录

绪 论

第一章 机械加工工艺规程的制订

§ 1-1 机械加工工艺过程的基本概念	(5)
一、生产过程	(5)
二、工艺过程和工艺规程	(5)
三、机械加工工艺过程的组成	(6)
四、生产类型与工艺过程的关系	(8)
§ 1-2 工件的安装与获得尺寸精度的方法	(10)
一、直接找正安装	(10)
二、按划线找正安装	(10)
三、用夹具定位的安装	(11)
四、获得尺寸精度的方法	(11)
§ 1-3 制订工艺规程的原则、步骤及原始资料	(12)
一、制订工艺规程的意义和作用	(12)
二、制订工艺规程的原则和主要技术依据	(13)
三、制订工艺规程的原始资料	(13)
四、制订工艺规程的步骤	(14)
五、工艺文件	(14)
§ 1-4 机械加工工艺规程的制订	(18)
一、分析研究产品的装配图和零件图	(18)
二、毛坯的选择	(20)
三、定位基准的选择	(22)
四、工艺路线的拟订	(29)
五、机床及工艺装备的选择	(36)
六、加工余量的确定	(37)
七、工序尺寸及其公差确定	(40)
§ 1-5 工艺尺寸链	(41)
一、工艺尺寸链的概念	(41)
二、工艺尺寸链的组成	(42)
三、尺寸链的分类	(43)
四、工艺尺寸链计算的基本公式	(44)
五、几种工艺尺寸链的分析计算	(48)

§ 1-6 机械加工的生产率与经济性	(55)
一、技术时间定额	(55)
二、提高劳动生产率的途径	(56)
三、工艺过程的技术经济分析	(59)
四、机械加工经济精度	(62)
第一章 习题	(64)
第二章 典型零件加工工艺	
§ 2-1 轴类零件加工工艺	(65)
一、轴类零件的功用及主要技术条件分析	(65)
二、轴类零件的材料、热处理及毛坯	(67)
三、轴类零件加工工艺过程分析	(68)
四、外圆表面车削	(71)
五、深孔加工	(72)
六、轴类零件的花键加工	(75)
七、轴类零件的外圆磨削	(76)
八、主轴锥孔的磨削加工	(77)
九、轴类零件的光整加工	(78)
十、轴类零件的检验	(82)
§ 2-2 箱体加工	(83)
一、概述	(83)
二、箱体加工工艺过程分析	(87)
三、箱体主轴孔及孔系加工	(91)
§ 2-3 机件零件加工工艺	(100)
一、机件零件的功用、结构特点及主要技术要求	(100)
二、机件零件的材料	(102)
三、机件零件加工工艺过程分析	(103)
四、机件零件的精加工及检验	(107)
§ 2-4 圆柱齿轮加工	(114)
一、圆柱齿轮的一般概念	(114)
二、圆柱齿轮的齿形加工方法	(115)
三、圆柱齿轮加工精度分析	(124)
四、圆柱齿轮加工工艺过程分析	(129)
第三章 机械加工精度	
§ 3-1 概述	(133)
§ 3-2 机械加工前的误差因素分析与计算	(135)
一、原理误差	(135)
二、机床误差	(136)
三、调整误差	(144)

四、刀具误差·····	(146)
五、夹具误差及工件安装误差·····	(146)
§ 3-3 机械加工过程中的误差分析与计算·····	(149)
一、工艺系统受力变形—工艺系统的刚度·····	(149)
二、工艺系统受力变形所引起的误差计算·····	(153)
三、减少工艺系统受力变形的途径·····	(160)
四、工艺系统热变形引起的误差·····	(163)
五、刀具磨损引起的误差·····	(167)
§ 3-4 机械加工后的误差·····	(169)
一、测量误差·····	(169)
二、工件残余应力重新分布所引起的误差·····	(170)
§ 3-5 总误差的分析计算·····	(172)
一、调整法加工的总误差·····	(172)
二、单件生产的加工总误差·····	(173)
§ 3-6 加工误差的统计分析·····	(175)
一、误差的性质·····	(176)
二、加工误差的统计分析法·····	(177)
§ 3-7 分析和解决加工误差问题的实例·····	(188)
§ 3-8 保证和提高机械加工精度的途径·····	(191)
一、直接消除或减小误差·····	(191)
二、补偿、抵消、转移误差·····	(193)
三、“就地加工”达到最终精度·····	(194)
四、误差平均的方法·····	(194)
第三章 习题·····	(196)
第四章 机械加工的表面质量与振动	
§ 4-1 概述·····	(197)
一、表面的几何形状特征·····	(197)
二、表面层的物理—机械性能·····	(199)
§ 4-2 表面质量对零件使用性能的影响·····	(199)
一、表面质量对零件耐磨性的影响·····	(199)
二、表面质量对零件疲劳强度的影响·····	(200)
三、表面质量对零件配合性质的影响·····	(201)
四、表面质量对零件耐腐蚀性能的影响·····	(201)
§ 4-3 影响表面质量的工艺因素·····	(201)
一、切削加工影响表面粗糙度的因素·····	(201)
二、磨削加工影响表面粗糙度的因素·····	(202)
三、表面层物理—机械性能的变化·····	(204)
四、表面层的残余应力·····	(211)

五、表层强化工艺·····	(215)
§ 4-4 机械加工中的振动·····	(216)
一、概述·····	(216)
二、强迫振动·····	(216)
三、自激振动·····	(220)
四、自激振动的控制·····	(229)
第四章 习题·····	(233)
第五章 装配工艺	
§ 5-1 机器装配的生产类型及其特点·····	(234)
§ 5-2 装配精度及装配尺寸链·····	(235)
一、概述·····	(235)
二、装配尺寸链的建立·····	(237)
三、装配尺寸链的查明法·····	(238)
四、装配尺寸链组成的最短路线原则·····	(239)
五、装配尺寸链的应用和计算方法·····	(239)
§ 5-3 保证装配精度的主要方法·····	(242)
一、互换法·····	(242)
二、修配法·····	(248)
三、调整法·····	(253)
§ 5-4 机器设计中的装配工艺性·····	(257)
一、将结构分拆成若干独立的装配单元·····	(258)
二、尽量减少装配时的修配和机械加工·····	(259)
三、尽量使装配和拆卸方便·····	(261)
§ 5-5 装配工艺规程的制订·····	(262)
一、制订装配工艺规程的基本原则·····	(262)
二、装配工艺规程的内容·····	(262)
三、制订装配工艺规程所需的原始资料·····	(263)
四、装配工艺系统图·····	(263)
第五章 习题·····	(268)
第六章 特种加工方法	
§ 6-1 概述·····	(269)
一、特种加工的产生和发展·····	(269)
二、特种加工的分类·····	(269)
§ 6-2 电火花加工·····	(270)
一、电火花加工原理·····	(270)
二、电火花加工设备及应用·····	(271)
§ 6-3 电解加工·····	(273)
一、电解加工的基本原理·····	(273)

二、电解加工的特点	(273)
三、电解加工的应用	(274)
四、电化学机械加工	(275)
§ 6-4 超声波加工	(276)
一、超声波加工的基本原理	(276)
二、超声波加工的特点	(277)
三、影响超声波加工生产率的因素	(278)
四、影响加工精度及表面粗糙度的因素	(278)
五、超声波加工的应用	(279)
§ 6-5 激光加工	(279)
一、激光加工的基本原理及特点	(279)
二、激光加工的应用	(281)
第七章 计算机辅助制造	
§ 7-1 概述	(283)
一、计算机辅助制造的意义	(283)
二、计算机辅助制造系统	(284)
三、计算机辅助制造系统的组成	(286)
§ 7-2 CAM 系统的基础——成组技术	(287)
一、成组技术的概念	(288)
二、零件的分类编码系统	(289)
三、应用成组技术的工艺准备	(293)
四、应用成组技术的生产组织	(294)
§ 7-3 CAM 系统的数控系统	(296)
一、CNC系统	(296)
二、DNC系统	(297)
三、AC 系统	(298)
§ 7-4 数控系统的程序编制	(302)
一、程序编制的基本概念	(302)
二、零件加工程序的编制	(304)
三、程序编制中的数学处理	(308)
主要参考文献	(310)

绪 论

机械制造业为国民经济各部门提供各种机械装备，在国民经济中占有重要地位。在实现社会主义四个现代化的伟大事业中，机械制造业发挥着举足轻重的作用。

一、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过程中的工艺问题为研究对象的一门技术科学。机械制造过程中的工艺问题范围极广，比如有铸造、锻压、焊接、热处理等“热加工”方面的工艺问题，又有机械加工（切削加工）等“冷加工”方面的工艺问题。一般所谓的机械制造工艺学，主要指“冷加工”方面的工艺问题，即机器零件的机械加工及装配的工艺问题。

概括地说，机械制造过程中的工艺问题主要表现为机械产品的质量、劳动生产率和经济性（成本）等三个方面。

机械制造工艺的首要任务就是提高产品的质量，即提高产品的精度、性能和寿命。随着科学技术的发展，国民经济及国防各部门对机械制造产品质量的要求越来越高，而产品的质量是由零件、部件的加工和装配的质量决定的，因此，对零件的加工质量的要求也越来越高。

机械制造工艺的另一重要任务就是提高劳动生产率，即采用高效率的工艺方法和装备，实现机械加工过程的机械化和自动化。如何提高切削加工效率，减少辅助时间，采用新工艺、新材料，采用成组加工、自动线加工、计算机辅助制造等，都是机械制造工艺学要研究的重要课题。

机械制造工艺中的经济性是与质量、生产率紧密相关的一个综合问题。采用某种工艺方法和措施时，必须看其经济效果如何。

总之，产品的质量、劳动生产率和经济性三个方面具有辩证的关系，三者紧密相联，在解决具体的工艺问题时，应全面考虑，这就是机械制造工艺学的基本任务。

二、当前我国机械制造工艺的现状与发展

建国以来，我国的机械制造业有了很大的发展，无论是在生产的规模方面，还是在产品的品种、产量、质量方面，都有了很大的发展，生产出一批高、大、精、尖的产品，填补了我国某些空白产品。例如沈阳生产的摇臂钻床可以在国际上竞争，我国生产的大型加工中心机床及强力切削数控车床，也属于80年代国际新产品。

但是，正如机械制造工艺师们所熟知的，评价机械制造的水平高低，不在于它生产了什么，而在于它们是以什么手段生产出来的，它的经济效益如何，尤其是质量如何，

这是根本性的问题。

我们已经取得了很大的成绩,但应该清醒地看到,当前我国的机械产品还比较落后,如轴承、汽车等产品的使用寿命,距国际上名牌产品的水平尚存在较大的差距,能称得上70、80年代水平的产品,仅占18%左右。设备陈旧落后,在一万台金属切削机床中,50年代的产品占70~80%。劳动生产率只有国外先进水平的1/6左右。工艺落后,一般机械制造工艺水平相当于先进工业国家50~60年代的水平。

造成这种落后状况的主要因素除了管理体制不适宜外,还有工艺工作不被重视等。一般来说,正常条件下,设计人员与工艺人员的数量应当是1:1,或工艺人员稍多一些。而现在,工艺人员的数量却只有设计人员的1/6~1/2。因而造成工艺水平不高和工艺手段落后的局面。

至于工艺上的经济核算,长期以来被严重地忽视,有的企业现在虽然开始正视这个问题,但仍未形成比较完善的工艺成本的计算分析方法,有的企业至今还没有完全按经济规律来组织生产。

机械加工技术的发展,与机械工业本身的现代化紧密相联。在这方面,国内外最近几十年的发展趋势是大型化、高效率、高精度、高度自动化。

① 大型化:设备大型化的经济效果主要反映在效率高、单位生产能力的投资少以及节省原材料和动力消耗。

以炼油机械设备为例,年处理能力500万吨的设备与100万吨比较,每吨产品生产能力的投资可减少50%,燃料消耗占原油加工量的比例由10%下降到4~1.5%。

国外对重型零件的机械加工的工艺十分重视。最近几年发展了大型工件的精密加工工艺,如西德马格公司能做到大型工件装配时零件可以互换和不再用手工刮研、打磨,与此相应地出现了一批大型的铣刨联合机床、铣镗联合机床等。

我国在大型工件加工方面有自己的经验,如“蚂蚁啃骨头”加工法等等。虽然近几年也制造了刨铣联合机床和重型机床等,但规格、品种上还有相当的差距,精度还不够高,应带的附件也较少。高效刀具的供应不够及时,测量上还是采用大卡尺等传统的办法,激光、光栅等大型工件的测量技术采用得很少。

② 高精度:最近十几年,一般机械制造的精度大体为5~10 μm ,高精度外圆磨床加工工件的圆度可达0.25 μm 。

加工精度要求在不断地提高,要使我国的机械加工精度也能不断地提高,必须抓好两件事:一是要有精密的设备,二是要培养掌握精密加工规律的人。工业发达国家的技术人员已达全体职工的30%,而我国仅占5%。

③ 高效率:我国的机床拥有量到1977年就已经比解放前增长了十倍,超过日本,居世界第三位,但效率很低,刀具的消耗量很大。

我国车床的最高转速为1500r/min,而国外为2000r/min,我国磨床的普通速度为35m/s,国外为45~60m/s。硬质合金刀具的消耗,1972年我国与美国大体相等,但美国每台机床切削钢的重量为我国的4倍。

高效率可以直接反映为制造单位工件的工时减少,如日本的小轿车、载重汽车,平均每辆的制造工时不超过45~120小时,平均每人每年可造10~15辆,由于效率高、成

本低，在西欧市场获得很大优势。

④ 高度自动化：我国劳动力充足而资金不足，所以在相当长的时间内机械加工还是要走自动化、半自动化、机械化以及必要的手工劳动相结合的道路。

在化工、原子能以及国防工业中，某些有害的作业还得搞自动化。国民经济大量需要的零件应考虑自动化生产。

数控机床是机床自动化发展的高级产品，先进工业国家数控机床的比例在逐年增加。当前，国际上自动化的重点是电子计算机的应用，这是具有深远意义的环节。电子计算机的应用主要是在机床与刀具的辅助设计（CAD）、建立切削数据库、微处理机在数控和群控上的应用等。不久的将来，当我们将某种数学模型交给计算机，又将某些类似零件的不同技术参数输入给计算机之后，计算机将用穿孔带或磁带给我们以回答。我们拿到它之后放到数控机床上，计算机控制的数控机床将会为我们生产出合乎要求的零件，使传统的零件图纸不见了，这就是近年来发展中的 CAD—CAM 系统。

CAM 系统即计算机辅助制造系统，它是满足多品种、小批量生产自动化较理想的工艺方式。它的发展速度很快，在我国已经开始研究和试制。为了使我们的机械制造工艺加速现代化的进程，未来的工艺师必须具备这方面的基本知识。为了适应高等教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求，我们在学习一般加工工艺的基础上，也应学习这方面的基本知识。

目前情况下，机械加工如能很快地发展，必须解决好以下三个问题：

第一，搞好机械工业的改组，即实行生产专业化，使生产组织的管理水平，来个飞跃性的提高。在这方面，可先从农机、汽车、机床工业入手。

第二，搞好产品的更新换代，使产品加速现代化，争取达到 80 年代初的国际先进水平。

第三，搞好企业的技术改造，使工艺水平有一个大提高。钢材的利用率要由 1978 年的 60% 左右提高到 70%，劳动生产率要从目前的 9 000 元/人年提高到 20 000 元/人年。

要解决好上述三个问题，培养新的高水平的技术人员和搞好科研工作是关键。在党的领导下，我们有信心做好上述工作，为四个现代化作出贡献。

三、学习机械制造工艺学应注意的问题

机械制造工艺学是机械制造专业的主要专业课程之一。学习本课程后，应使学生掌握机械制造工艺学的基本理论知识；掌握机械加工和装配工艺规程制订的原则、步骤和方法，并能根据实际生产条件有分析地吸收国内外先进技术，制订出比较切实可行、经济合理的工艺规程；培养学生对具体的工艺问题能够进行综合分析，并提出改进质量、提高生产率和降低成本的工艺途径。

在学习本课程时，应注意以下几个问题：

1. 由于本课程与生产实际的关系密切，因此，作为将来在机械制造部门工作的技术人员，必须注意理论联系实际，掌握对具体问题进行分析，不应只背诵条文或追求繁琐的理论推导。

2. 大力加强实践性教学环节，培养独立思考、独立设计、独立操作的技能。

3. 了解当前机械制造业的发展情况，注意工人的创造发明和技术革新成果，不断丰富所学的知识。

为了使同学们能够循序渐进地掌握机械制造工艺学这一学科的基本体系，我们建议在学习时可分作三个不同的阶段。

第一阶段：以工艺规程的制订为核心，了解工艺规程所涉及的基准选择、余量计算、工艺尺寸链以及经济分析等内容。

典型零件加工工艺可以作为工艺规程学习的实例，使工艺规程的制订具体化，也是理论与生产实际相结合的验证。

第二阶段：学习机械制造加工精度和表面质量及振动，它们是在执行工艺规程中可能出现的质量问题。研究加工精度所用的分析计算法，是对机械加工各阶段的影响因素逐个分析计算，最后以总误差的合成结束。要注意在不同的生产条件下总误差计算的差别。统计分析法的学习要与在现场使用的全面质量管理联系起来。

表面质量的核心问题是工件加工后的使用寿命，重点学习淬火钢磨削加工后表面质量的变化。

振动的重点在于分清强迫振动和自激振动产生的原因及消除的措施。

第三阶段：学习特种加工方法和计算机辅助制造。这些内容主要是了解它们的基本原理和应用范围，以便在实际工作中，能够了解和运用这些新工艺和新技术。当然，在实际工作中，尚须进一步学习有关的著作。

第一章 机械加工工艺规程的制订

§ 1-1 机械加工工艺过程的基本概念

一、生产过程

制造任何一种产品都有各自的生产过程，生产过程是指由原材料或半成品转变成为产品的各有关劳动过程的总和，它包括：

1. 原材料、半成品、产品的运输和保存。
2. 生产技术准备工作。主要是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方面的准备工作。
3. 毛坯的制造，如铸造、锻造和冲压等。
4. 毛坯经各种加工而成为零件，如机械加工、焊接、热处理和其它表面处理等。
5. 零、部件装配成机器。
6. 检验及调试。
7. 产品的油漆和包装等。

必须将上述生产过程中各个组成环节作为一个“系统”来进行科学的全面安排，才能获得良好的技术效果和经济效益。将生产工艺、加工计划和管理等工作，作为整体的“生产系统工程”(Manufacturing Systems Engineering)，借助电子计算机来进行分析和控制，是当前值得重视的新兴学科之一。

为了降低生产成本和有利于生产技术的发展，目前很多机器产品往往不是在一个工厂内单独生产，而是由许多工厂联合起来共同完成。这样做，有利于零、部件的通用化、标准化和组织专业化生产。从而能在保证质量的前提下，提高劳动生产率和降低产品成本。

工厂的生产过程又可分为若干车间的生产过程。某一车间所用的原材料(半成品)，可能是另一车间的成品，而它的成品又可能是其它车间的原材料(半成品)。例如，机械加工车间的原材料是铸造车间或锻压车间的成品，而机械加工车间的成品又是装配车间的原材料(半成品)。

二、工艺过程和工艺规程

生产过程中，直接改变原材料(或毛坯)的形状、尺寸、机械物理性能的过程和装配过程等称为工艺过程。而其它过程，诸如生产计划的制订、工艺规程的编制、生产工具的准备、设备维修、刃磨刀具及生产中的统计、核算等则称为辅助过程。工艺过程又可分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、热处理、电镀、装配等。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。

零件的机械加工工艺过程可以是多种多样的，但其中总有一个工艺过程在特定条件下是最合理的。将最合理的工艺过程的各项内容编写成工艺文件，经审批后，用来指导生产，这就是工艺规程。工艺规程是指导生产的重要文件，也是组织和管理生产的基本依据。有关人员必须严格按照工艺规程办事，以期达到优质、高产、低成本地完成工艺要求的目的。随着科学技术的发展，生产技术是不断发展的。然而，任何工艺规程的修订，必须经过充分的工艺试验和一定的审批手续。

三、机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一系列的工序组合而成的，毛坯依次地通过这些工序而变为成品。工序是工艺过程的基本组成部分，又是生产管理和经济核算的基本依据。

工序：一个（或一组）工人，在一台机床（或一个工作地点）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。如图1-1a)所示的零件，4个小孔需要进行钻孔和扩孔。如果一批工件中的每个工件都是在一台机床上依次地先钻孔，而后接着扩孔，这就构成了一个工序。如果将全批工件都先进行钻孔，然后全批工件再进行扩孔，这样就成为两个工序了。

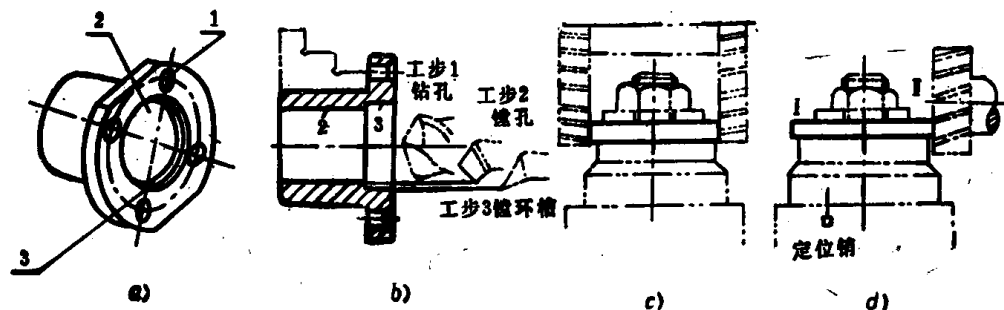


图 1-1 工艺过程的组成

工步：是工序的一部分，它是加工表面、切削刀具和切削用量中的转速与进给量均不变的条件下所完成的那部分工艺过程。一个工序可以只包括一个工步，也可以包括几个工步。如图1-1b)所示的加工中间大孔的工序，就包括三个工步。

为了提高生产率，常常用几把刀具同时分别加工几个表面，这样的工步称为复合工步，图 1-1 c) 所示的用两把铣刀同时铣削两个平面即为复合工步。在多刀、多轴机床上加工，经常采用复合工步。复合工步在工艺规程中也可写作为一个工步。

如果几个加工表面完全相同，所用的刀具及切削用量也不变，在工艺规程上则把它们当作一个工步看待。如图 1-2，在工件上钻四个直径为10mm的孔，用一个钻头依次进行加工，则钻削全部孔的这部分工艺过程，可写为一个工步。

走刀：当工件表面上需要切去的金属层很厚，分为几次切削，则每进行一次切削就

是一次走刀。显然，一个工步可包括一次或几次走刀，如图 1-3 所示。

完成一个工序常需要进行许多工作。这些工作可分为基本工作（切削）和辅助工作（装卸工件、开动机床、引进刀具和测量工件等）两部分。在辅助工作中，工件的安装

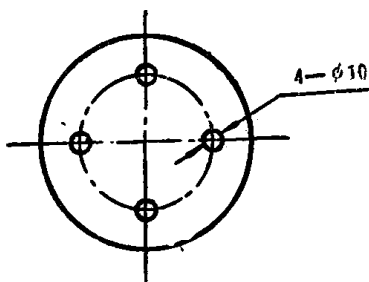


图 1-2 包括四个相同加工表面的工步

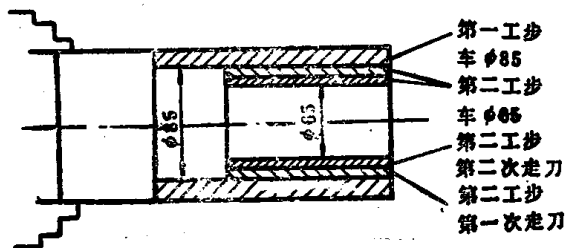


图 1-3 棒料加工阶梯轴

占有很重要的地位。

安装：使工件在机床上（或夹具中）定位后再把它夹紧的过程称为安装。在同一道工序中，零件在加工位置上可能只需安装一次，也可能需要安装几次。如图 1-1c) 所示，用一对铣刀同时加工两侧平面，这是一次安装。若用一把铣刀，先铣一边，然后将工件松开，旋转 180° ，重新夹紧，再加工另一边，这就成了两次安装。

安装次数多，常常会降低加工质量，因为多安装一次，就多一次误差，而且增加装卸工件的辅助时间，因此，若工件必须在不同的位置加工，常利用各种回转夹具来改变工件的位置。

工位：工件一次安装后，在机床上所占据的每一个加工位置称为工位。如图 1-1d) 所示的即为利用夹具在两个工位上铣削平面的情况。工件的 II 端加工后，不必卸下工件只需拔出定位销，使夹具的上半部分带着工件一起旋转 180° ，再插入定位销，使工件的 I 端占据 II 端原有的位置，亦即使夹具的上半部和底部之间改变相对位置，从而使工件由第一工位转到第二工位。采用多工位加工，可减少工件安装次数，缩短辅助时间，提高生产效率。

编制工艺规程，应根据生产规模的大小来决定需要把工艺过程细分到什么程度。例如，小规模生产只要分析到工序，而大规模流水线连续生产，为了使每道工序的时间尽量相等，以实现有节奏地生产，往往要分析每个动作（动作——指操作者或机床的

每个单元动作，例如一次走刀中有开车、刀具趋近、试切、测量、切削、退刀、停车等动作），严格控制每一道工序的时间。

最后再以六角螺钉（毛坯为圆棒料）的加工工艺过程来说明上述常用术语的具体应用，其零件图见图 1-4，工艺过程的组成见表 1-1。

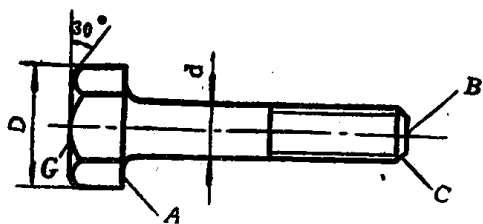


图 1-4 螺钉

表 1-1

螺钉的机械加工工艺过程

工 序	安 装	工 步	工 位	走 刀
I 车	1 〈三爪卡盘〉	1) 车端面B	1	1
		2) 车外圆D		1
		3) 车螺纹外径d		2
		4) 车端面A		1
		5) 倒角C		1
		6) 车螺纹		3~4
		7) 切断		1
II 车	1 〈三爪卡盘〉	1) 车端面G	1	1
		2) 倒棱 (30°)		
III 铣	1 〈回转夹具〉	1) 铣六方 (复合工步)	3	3

四、生产类型与工艺过程的关系

工艺过程必须根据给定的生产量来拟订。生产量的大小决定着生产类型，因而也就直接影响到制订工艺过程中选择工艺方法、设备和刀具等一系列问题。

一种产品（包括备品和废品在内）的年产量称为该产品的生产纲领。

零件的生产纲领可按式计算：

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

式中：

N ——零件的生产纲领（件/年）；

Q ——产品的生产纲领（台/年）；

n ——每台产品中该零件的数量（件/台）；

$a\%$ ——备品的百分率；

$b\%$ ——废品的百分率。

根据生产纲领的大小和产品品种的多少，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。

1. 单件生产：产品种类繁多不定，每一产品只做一个或数个；各个工作地点的加工对象经常改变，这种生产方式称为单件生产。具体地说，一个工作地点（机床）要进行多种工件和许多工序的加工。在这种生产类型下，大多采用万能机床（一般的车、铣、刨、钻、磨等机床）和通用工夹具（例如三爪卡盘、四爪卡盘、虎钳、分度头等）加工。同类机床往往成群排列，对操作者的技术要求较高。重型机械的制造和新产品的试制等属于这种生产类型。

2. 成批生产：产品种类较多，每种产品均有一定的数量，各种产品周期地成批投入生产，工作地点的加工对象周期性地地进行轮换，这种生产方式称为成批生产。具体地说，即一个工作地点（机床）顺序分批地完成不同工件的某些工序。在这种生产类型下，大多仍采用万能机床，但工夹具比单件生产的专用，机械化程度较高。例如机床制造、机车制造和电机制造等属于这种生产类型。

同一产品（或零件）每批投入生产的数量，称为批量。根据批量的大小，成批生产

又可分为小批生产、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；中批生产工艺过程的特点则介于两者之间。

3. 大量生产：产品的产量很大、品种很少，大多数工作地点长期重复地进行某一零件、某一工序的加工，这种生产方式称为大量生产。例如，汽车、拖拉机、自行车和轴承等的制造属于这种生产类型。

这种生产类型往往采用很多的专用工夹具，有时还要采用专门设计制造的高效专用设备，要求有较高的机械化和自动化程度，可由技术水平较低的工人来操作。但是，每次更换刀具和调整机床仍需要技术水平较高的工人。

由此可见，生产类型不同，将影响到制订工艺过程的详细程度。单件生产，一般只制订工艺路线；成批生产和大量生产，就需要详细地制订工艺过程。由于生产类型不同，无论是在生产组织、生产管理、车间布置、工艺装备、设备、工艺方法以及工人的技术等级等方面的要求，也都有所不同，所以在制订工艺过程时，必须注意与生产类型相适应。各种生产类型的工艺特点见表 1-2。

表 1-2 不同生产类型的工艺特点

序号	类 型 特 点	单件生产	成批生产	大量生产
1	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。
2	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，加工余量小。
3	机床设备及其布置形式	采用普通通用机床。按机床类别和规格大小用“机群式”排列。	采用部分通用机床和部分高生产率的专用机床。机械设备按加工零件的类别分“工段”排列布置。	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床。按流水线形式排列。
4	夹 具	很少用专用夹具，由划线及试切法达到尺寸要求。	较广泛采用专用夹具，部分靠划线进行加工。	广泛采用高生产率夹具，靠夹具及调整法达到精度要求。
5	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。
6	对操作工人的要求	需要技术熟练的操作工人。	各工种需要一定熟练程度的工人。	对一般操作工人的技术要求较低，对专用机床调整工人技术要求较高。