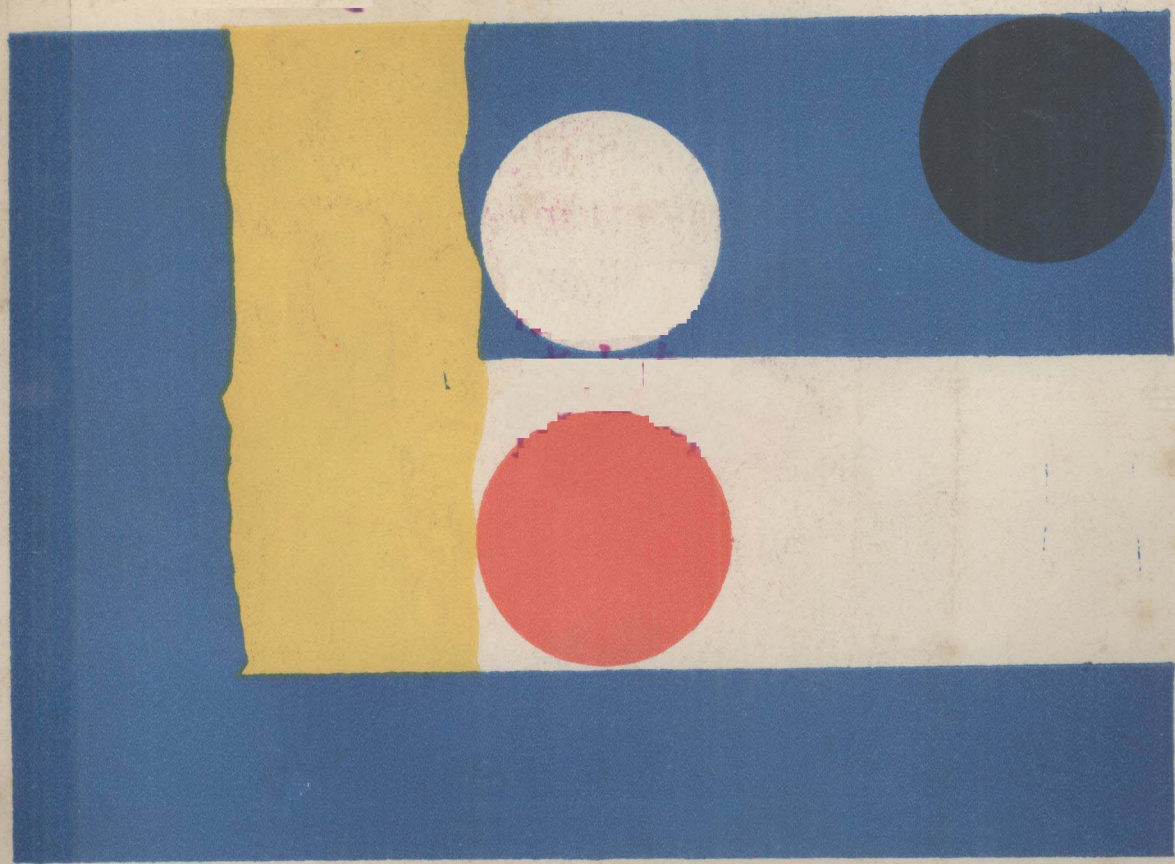

机械加工工艺学

孙桐章 主编



航空工业出版社

内 容 提 要

本书系统而简明地阐述了机器零件机械加工工艺规程制订的原理，而机械加工的质量问题是机械加工工艺中的一个至关重要的问题，本书对于涉及加工工件质量的内容给予了足够的重视，例如常用的精密加工方法、表面质量问题等均从理论与实践的结合上作了深入浅出的介绍。在复杂零件的加工中，常遇的空间面与线的计算问题，本书作了简洁实用的论述，对于提高学生现场工作能力是有补益的。

本书供中等专业学校机器制造专业作教材，亦可供夜大、职大、函大作教材。

机械加工工艺学

孙桐章 主编

航空工业出版社出版发行
(北京市和平里小关东里14号)

—邮政编码：100029—

全国各地新华书店经售

香河印刷厂印刷

1990年11月第1版	1990年11月第1次印刷
开本：787×1092毫米 1/16	印张：18.75
印数：1—1600	字数：468千字

ISBN 7-80046-271-4/TB·008

定价：3.75元

前 言

《机械加工工艺学》供中等专业学校机械加工专业教学使用。

中等专业学校的目标是为生产第一线培养中级技术人员，因此，处理现场技术问题能力的培养，具有十分重要的意义，也是当前专业课教学改革的一个核心问题。为此本书增加、强化了与此有关的内容，对于常用精密加工方法、机械加工精度分析、机械加工表面质量等章节，均从理论与实践结合上作了一定深广度的论述，对于航空、航天及民品中一些复杂零件加工工艺中，常涉及难度大的空间面、线的尺寸计算，本书专章作了简洁实用的介绍。

全书在内容次序编排上总结了中专现场教学的经验，一、二章集中介绍工艺路线编制、机床工序设计的原理与方法；三、四章介绍了学生在教学实习、生产实习及其它专业课中接触很少，而对编制工艺规程，解决现场技术问题又很重要的常用精密加工方法及圆柱齿轮加工工艺；在以上各章知识的基础上，才是专章对典型零件机械加工工艺作全面分析。以后各章都是涉及现场能力培养和扩大工艺知识面有关内容。

参加本书编写的单位和人员有：成都航空工业学校孙桐章、刘泽均、姜小岩，西安航空工业专科学校李增祥、侯振家，大庸航空工业学校毛志康，上海航空工业学校谢典燮，太仓工业学校夏受乾。

成都航空工业学校孙桐章任主编。

北京航空航天大学李俊刚担任本书主审。

本书系初版，在内容与次序编排上作了与传统工艺学有较大变化的尝试，不当之处在所难免，切望各方面专家、同行惠予指正。

编者

1990年1月

目 录

绪论	(1)
第一章 机械加工工艺规程的制订	(6)
§ 1-1 工艺过程概述	(6)
§ 1-2 工艺路线的制订	(17)
第二章 机床工序的设计	(44)
§ 2-1 加工余量的确定	(44)
§ 2-2 工序基准的选择	(48)
§ 2-3 工序尺寸的确定	(51)
§ 2-4 机床和工艺装备的选择	(73)
§ 2-5 切削用量和时间定额的确定	(75)
第三章 常用精密加工方法	(95)
§ 3-1 精密车削和精镗	(95)
§ 3-2 磨削	(97)
§ 3-3 研磨	(107)
§ 3-4 超精加工与珩磨	(110)
§ 3-5 抛光与冷挤压加工	(116)
第四章 圆柱齿轮加工	(122)
§ 4-1 概述	(122)
§ 4-2 滚齿	(125)
§ 4-3 插齿	(138)
§ 4-4 剃齿	(143)
§ 4-5 磨齿	(147)
§ 4-6 珩齿与研齿	(150)
§ 4-7 圆柱齿轮加工工艺实例分析	(153)
第五章 典型零件加工工艺	(159)
§ 5-1 涡轮轴的工艺分析	(159)
§ 5-2 盘的工艺分析	(169)
第六章 特种加工	(176)
§ 6-1 概述	(176)
§ 6-2 电火花加工	(176)
§ 6-3 电解加工	(183)
§ 6-4 电解磨削	(186)
§ 6-5 超声加工	(188)
§ 6-6 激光加工	(191)

§ 6-7	电子束加工	(195)
§ 6-8	离子束加工	(197)
第七章	机械加工精度	(200)
§ 7-1	概述	(200)
§ 7-2	机械加工前的误差对加工精度的影响	(201)
§ 7-3	机械加工中的误差对加工精度的影响	(207)
§ 7-4	机械加工后的误差对加工精度的影响	(217)
§ 7-5	提高加工精度的途径	(220)
§ 7-6	确定加工误差的方法	(224)
第八章	机械加工的表面质量及强化工艺	(233)
§ 8-1	加工表面层理化-机械性能的形成机理及其 对机械零件使用寿命的影响	(233)
§ 8-2	表面微观不平度及其对机械零件使用寿命的影响	(241)
§ 8-3	零件表面强化工艺技术	(248)
第九章	计算机辅助制造	(258)
§ 9-1	成组技术	(258)
§ 9-2	计算机辅助制造简介	(268)
第十章	空间角度计算	(278)
§ 10-1	空间面的角度计算	(278)
§ 10-2	空间直线角度计算	(287)

绪 论

机器制造业是国民经济的支柱之一，在社会主义现代化建设中占有很重要的地位，它为各个经济部门提供机械设备，为人民生活提供各种机械商品，为国防提供各种武器。

一、机械加工工艺学的研究对象

机器制造的整个过程，涉及多方面的工艺技术，如原材料的铸、锻、焊接；金属材料的热处理、表面处理、表面涂镀等，这些统称为“热加工”。又如毛坯、原材料、型材通过各种机械加工、特种加工获取机械零件所需形状、尺寸、精度等，这些统称为“冷加工”。此外还有机器的装配，性能的调式、实验，机器外观的修饰、油漆以及油封包装等。

本门课研究机器制造中的机械加工工艺问题。

二、机械加工工艺的历史状况

机械加工工艺，是一种既古老而又年轻的技术，古老是言其历史的源远流长，年轻是言其发展的生生不已。

机器零件机械加工工艺技术，是从金属制品的手工加工工艺发展而来。我国是一个历史悠久的文明古国，创造了光辉灿烂的古文明史。我国金属制品的手工加工工艺历史和发明金属冶炼史一样久远。例如我国商代（公元前1122~249年）青铜器铸造后的修饰加工、铭文的篆刻；汉代青铜印章的篆刻，就是金属制品早期手工加工的范例。

秦始皇陵兵马俑坑出土了大量2000多年前的金属制品文物，有十分精巧的铜车马，还有锋利如初、可断毫发的青铜佩剑等当时的实用金属兵器，其中有一种供仪仗部队维持秩序的青铜枪头，表面很光洁，内外径及长度尺寸有相当高的一致性。铜车马中的铜轴和铜轴承，配合紧密，其表面很光洁。据信很可能在公元前210年前，秦代已有了某种磨削加工工艺。近年在河北省出土的汉代五铢钱，发现钱的外圆部分有车削或锉削刀纹，大约是利用钱的方孔穿于方轴中，在木制人力车床上加工出来的。无疑，古代中国的金属制品手工工艺加工技术在世界上处于遥遥领先地位。

在湖北省出土的战国时代制造的越王勾践剑，已在地下埋藏了几千年，至今仍光可鉴人、锋利如初，其剑身部分呈现鱼鳞形花纹，经现代技术化验检测，剑身表面作了当代仍在使用的金属表面化学热处理。

1987年陕西出土的唐代金丝织锦，所使用的金丝直径仅0.1毫米，使人惊奇的是现代国外的同类产品，使用的金丝直径为0.2毫米，国内目前只能达到0.3毫米，说明了盛唐时期的某些金属工艺技术至今仍是一个谜。

至今仍完整保存在北京建国门古观象台的明代制造的成套天文仪器，在制造过程中已使用了马拉铣床和脚踏砂轮机，其最大的青铜环直径达两米多，加工的精度和粗糙度都达到相当水平。

先辈们的聪明才智及其对现代工艺技术的影响，值得我们认真继承发扬，值得我们引以

为荣。

英国著名学者李约瑟花了近半个世纪完成举世名著《中国古代科技史》，列举了大量史实无可辩驳地证明，古代中国在科学技术上取得了辉煌成就，以及这些成就对现代科学技术，对整个人类文明作出的重大贡献。

近200年来，西方经历了以蒸汽机发明为标志的产业革命，资本主义经济得到迅速发展。

中国在长达约2000年的封建统治下，士大夫阶级受儒家思想的严重束缚，视一切科学技术为“雕虫小技”，加之鸦片战争以来，帝国主义列强大举侵略，中国沦为半封建半殖民地，我国科学技术就大大落后于西方了。

三、机械加工工艺的发展情况

科学技术是随着社会生产力的发展而发展的，科学技术的进步又反过来促使生产力的提高。机械加工工艺也遵循着这个规律发展。

特别是第二次世界大战后，新科技革命浪潮日益高涨，促使社会生产力迅速提高。以航空、航天、核能、电子计算机以及新兴材料为代表的新兴高科技的高速发展，给机器制造业、机械加工工艺提出了许多新的高难问题。为了适应这一新形势，迫使机械加工工艺吸取新的科技成就，不断更新改进传统工艺方法，采用新的工艺方法，以适应当代生产的需要。

机械加工工艺学是一门综合性学科，它涉及金属切削机床、刀具、工艺装备、加工工艺以及生产组织方式等。近30年来，以上各学科都有长足的进展，必然也促进了机械加工工艺学的发展。下面就与机加工工艺息息相关的各学科的进展概述如下：

(一) 切削刀具

由于航空、航天工业的发展，许多高强度、难切削材料相继出现，给刀具材料提出了苛刻的要求。材料科学的新进展，推出了许多性能优异的新刀具材料。美国在50年代中期，先后研制成人造金刚石和立方氮化硼，其硬度和其它切削性能均远远优于硬质合金。80年代又研制出微晶氮化硼，其性能更好而成本又大为降低。我国也在70年代研制出了人造金刚石和立方氮化硼复合刀片，为精、超精车削高硬度材料创造了条件。人造金刚石复合刀片可用200米/分的速度车削淬硬到HRC50~70的钢件，加工精度达1~0.1微米，表面粗糙度达0.02 μ m~0.01 μ m。涂层刀片，即在硬质合金或高速钢刀片上涂上一层氮化钛等物质。此种刀片切削速度可达500米/分，寿命比非涂层刀片提高50~60%，且成本不高。这些刀具材料的进展已改变了传统工艺HRC>40材料精加工必须磨削的旧观念。

60年代出现的机夹可转位不重磨硬质合金刀片，是刀具结构上的一项重大变革。当前使用面已从车刀、铣刀扩展到深孔钻、螺纹刀具及拉刀。发达国家使用率已达85~95%，我国仅为10%左右，因此在我国大力推广此项技术有很大的经济意义。

随着数控机床的推广，柔性制造系统(FMS)的出现，国外发展了一种高效、高精度的刀具系统，它由刀片、刀杆和切削力传感器组成。传感器用以监控刀具的磨损，刀片与刀柄的安装精度可在机外预调，此种刀具已有商品生产。

据预测，到1990年金属切削速度可达1800米/分(现在的磨削速度水平)，不久必将有更新的刀具材料和结构问世。

(二) 金切机床的发展概况

自1770年英国首次为加工蒸汽机汽缸而生产出第一台Wilkinson汽缸镗床以来的200余

年，金属切削机床除了研制、完善各种不同功能的机床外，始终沿着提高精度、转速以及改进控制方法的方向发展。下面就这三个方面分述如下：

1. 金切机床加工精度的发展概况

机床的加工精度与检测工具的精度息息相关、同步提高。

200多年前的Wilkinson汽缸镗床，其加工精度仅为1毫米。19世纪的70年代发明了游标卡尺，金切机床的加工精度提高到0.025毫米。本世纪初千分尺的发明，促使了金切机床的加工精度提高到0.01毫米。20年代千分表的出现，加工精度随之提高到0.0025毫米。40年代发明了光学比较仪，加工精度提高到0.0015毫米。二次大战后电子比较仪的发明，加工精度提高到0.0002毫米。60年代发明了Talyrond圆度仪，使机床加工精度达到0.000075毫米。当前细微加工已形成一个新兴学科，加工精度已向 \AA 级（ $1 \text{\AA} = 10^{-7}$ 毫米）逼近。

2. 金切机床转速的发展概况

金切机床的转速直接影响加工效率，转速也与加工精度、加工面粗糙度有关。机床性能不断提高，机床的转速亦随之而不断提高。机床转速的提高受到金切刀具材料的约束和主轴轴承结构形式的约束。刀具材料和主轴轴承的任何进展必将导致金切机床转速的提高。

初期的刀具材料用炭素工具钢，切削速度低，机床转速仅每分几十转。高速钢的出现使机床转速增至每分几百转。硬质合金刀具的使用，机床转速增至每分几千转。人造金刚石、立方氮化硼、微晶氮化硼及某些高性能陶瓷刀具材料的使用，高性能磨床砂轮的出现，机床的转速，特别是高精度磨床的转速已达到每分4~6万转，内圆磨床甚至高达每分10万转。当转速超过每分1.8万转时，机床主轴使用普通滚动轴承已不可能，为此发展了空气轴承、磁性轴承及流体静压轴承等结构。

3. 机床控制系统的发展概况

机床控制系统的完善程度，对加工效率、操作者劳动强度以及产品质量的稳定直接有关。初期机床，目前我国企业中大量使用的机床仍使用手控制。部分高效机床向机械凸轮式的半自动、自动控制发展。高级形式是向数字控制发展。

数控机床自1952年出现以来，经30多年的不断完善，特别是电子计算机技术的飞速进步，数控机床无论在性能、生产成本上都大有改进，已在生产中充分显示其生命力。数控机床具有良好的柔性，对大批量生产及多品种小批量生产均能适应。它具有机械式自动机床高生产率的优点，而无加工对象变换时需变换凸轮硬件、生产准备周期很长的缺点。再者数控机床是用数字指令控制，从根本上排除了人为的操作误差，大大地提高了工件质量及质量的一致性。另外，数控机床有关加工的全部信息（切削参数、转位、换刀、单件工时等）均定量化、规范化、数字化，有利于生产管理，有利于实现生产过程的自动化甚至无人化。

数控技术在50年代就已奠定其技术基础，70年代发达国家数控机床开始普遍应用，具有高度灵活性的计算机数控（CNC）70年代后期用于生产，到了80年代已由计算机对机床的点控发展至与通讯网络结合的群控。

据预测，发达国家的数控机床拥有率到90年代初将达到占总机床数的30%左右，我国1985年的统计仅占0.03%，但目前我国机床工业已有数控机床的商品生产。

（三）新工艺方法的发展概况

前面已谈到了，因航空、航天、电子、核能的发展及新材料的涌现给机械加工带来了许多用传统方法难以甚至无法加工的难题。40年代发明了电火花加工，可加工任何硬脆韧软和

高熔点材料，特别对于高硬度材料的小孔加工或某些非直线轴心孔的加工、异形孔的加工提供了有效方法。

50年代末出现了电解加工，它和电火花加工的某些特性近似，不受加工材料硬度限制，可加工导电材料，生产效率高，加工面光洁，对异形面加工突出有利，在航空、航天工业中对各种异形梁的加工及模具加工中得到广泛应用。电解加工与磨削、珩磨等工艺相衔接，派生出了电解磨削、电解珩磨等新工艺，提高了加工表面质量与加工效率。

超声波加工问世，解决了电火花加工对绝缘体加工不利的难题，可对玻璃、陶瓷、甚至金刚石加工，特别对小孔、微孔加工方便。

60年代发现了激光，因激光可使能量在时间与空间上高度集中，70年代用于加工，可用于高硬度材料、难熔材料的切割、打孔、焊接及热处理等诸方面。激光与车削、铣削的结合为某些难切削材料的加工开辟了新路。

电子束加工的实际应用始于40年代，它特别对于超小直径（直径为10~20微米）的加工及窄缝切割有利，超声波加工、电火花加工对这类加工已无能为力。电子束加工因无工具与加工面直接接触，对于某些加工面要求十分清洁的工件特别有利。70年代电子束加工对集成电路、超大规模集成电路的某些加工，发挥了很大作用。离子束加工与电子束加工有其共性，特点是离子束能量可精确控制，从而有利于毫微米级、原子级精度的加工。

（四）生产组织方式的发展概况

生产组织方式直接与服务水平相关，古代的作坊式生产，是以当时的手工生产为基础。随着技术的进步，机器设备的出现，才有了现代工厂，以及适应不同生产水平的各种生产组织方式。

对于不同批量的产品，为了取得最佳的经济效益，相应地采取一定的工艺与生产组织措施，这些措施的总和称之为“批量法则”，意即在单件、小批量生产时采用生产效率低的通用机床、通用工艺装备，生产组织上将机床按使用功能集中布置。大批、大量生产时，采用半自动、自动式专用机床、专用工艺装备，在生产组织上，大批量按流水线排列机床，大量生产则按自动流水线组织生产。显然单件小批量的生产效率与生产成本与大批大量生产相比，处于很落后状态。

传统的“批量法则”是一定生产技术基础上的产物。在传统的机械加工技术基础上无法突破这种法则的束缚，也就无法解决单件小批量生产的周期长、效率低、成本高、质量不稳定等问题。

当前发展到将数控技术、计算机技术、成组技术结合起来，用系统工程的观点，将生产中的产品设计、工艺制造、生产管理等问题，视为一个生产系统的整体，统一协调生产的各个方面，以取得最佳的经济效益。

近年来成组技术（GT）在科研和生产实践上均取得了大量成果，它是计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工艺规程设计（CAPP）、计算机辅助制造（CAM）和柔性制造系统（FMS）的理论基础之一。成组技术为解决单件小批量生产的落后局面，开创了一个全新的道路。它突破了“批量法则”的旧框框，使多品种小批量生产得以达到或接近大批大量生产水平。成组技术、计算机技术、数控技术的结合使机械加工向全自动车间、全自动工厂发展成为现实。

四、解放以来我国机器制造业的主要成就

新中国建立后，机器制造业和国民经济的其它行业一样，首先改造了旧中国的半殖民地性质的仅能搞一些维修、装配性的机械厂，经过几个五年计划的努力，特别是党的十一届三中全会以来，总结了建国以来的正反两个方面的经验教训，机器制造业已取得相当大的成就。我国已有年产几十万辆汽车的独立汽车制造业，已有能建造满足出口质量要求的10万吨以上的巨轮的造船业。在能源机器方面我国已生产出单机60万千瓦的汽轮、30万千瓦水轮发电机组，成为世界上少数能生产这样大容量发电机组的国家之一。我国独立自主地发展了自己的航天、核能工业，我国已成为世界少数几个能发射同步卫星的国家，是掌握卫星回收技术的三个国家之一，我国制造的原子弹、氢弹是有效的保卫社会主义祖国和维护世界和平的有力武器。航空工业的成就也是突出的，我们已成批投产20余种机型飞机，并提供出口。

总的来说，我国已基本建成具有门类比较齐备，独立自主的以国营企业为主体的，有相当基础的机器制造业。当然我国仍处在社会主义社会初期阶段，机器制造无论在品种、质量和工艺水平都有待于大力提高，相信在现代化建设中，机器制造业必将不断取得更大成就。

五、学习本课程的目的和方法

学习《机械加工工艺学》的目的，简言之是在一定的生产条件下，保证机械加工工件的零件图纸质量要求，以最短的生产周期取得最佳的经济效益。

机械加工中，产品的质量是一个至关重要的大问题，必须得到充分的重视。在商品生产的激烈竞争中，可以说产品质量不高必然导致彻底失败，以致没有立足之地。在航空、航天等国防性企业，提出“没有质量就没有数量”是很正确的。1987年10月全国工艺工作会议中提到，我国机械产品发生的质量问题，60%是工艺问题。所谓工艺问题包含了两个主要方面的含义，其一是所制订的工艺规程质量，其二是生产现场工艺纪律问题。

因此质量问题是工艺人员制订工艺规程、贯彻工艺规程的中心问题。从长远观点看，质量和经济效益是不矛盾的。产品质量优良，企业才会有生机、有活力、有真正的经济效益。

《机械加工工艺学》是一门实践性特别强的学科。应该指出，除了学好书本知识外，要通过课程设计、毕业设计以及现场工艺工作的实践才能真正学好这门课，向老工艺人员、有经验的工人学习，不断积累实践经验是学好本课必不可少的。

第一章 机械加工工艺规程的制订

§ 1-1 工艺过程概述

一、生产过程与工艺过程

机器的生产过程包括从原材料转变到成品的全部过程。它包括：原材料的运输和保存、生产的准备工作、毛坯的制造、零件的机械加工与热处理、产品的装配和调试以及油漆和包装等。

机器的生产过程一般都比较复杂，由于生产技术的发展，目前很多机器往往不是在一个工厂内单独生产，而是由许多专业工厂共同完成的。例如：一个飞机工厂就需要用许多其它工厂的成品（如发动机、附件、塑料、电气设备、轮胎、仪表等）来完成整个飞机的生产过程。这时飞机工厂所用的原材料、半成品或部件，是另一些工厂的成品。一个工厂按一定的顺序将原材料制成该厂的产品，这些过程的总和（包括与产品间接有关的各项工作，如生产准备与管理等工作），即为该产品的生产过程。

工艺过程是与改变原材料或半成品为成品直接有关的时程。它在工厂的生产过程中占据重要地位。工艺学的主要任务也就在于研究生产过程中的工艺过程。

工艺过程包括：锻压、铸造、机械加工、冲压、焊接、热处理、表面处理、装配和试验等。

机械加工工艺过程在机器生产的整个工艺过程中占重要地位。它是指用机械加工方法直接改变毛坯的形状和尺寸，使之成为零件成品的那一部分生产过程。将比较合理的机械加工工艺过程确定下来，形成作为施工依据的文件，即为机械加工工艺规程。

按照规定的工艺过程组织生产，对保证产品的质量、产量以及成本有着重要的作用。生产中的各种生产准备工作和生产辅助工作，也都以工艺规程为依据。因此，正确地制订合理的工艺规程是一项十分重要的工作。

二、工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序所组成，毛坯依次通过这些工序而变为成品。

（一）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（或同时若干个）工件所连续完成的那一部分工艺过程，称为一个工序。

如图1-1(a)所示的零件，孔1需要进行钻孔和铰孔，如果一批工件中，每个工件都是同一台机床上依次地先钻孔，而后接着铰孔，则钻孔和铰孔就构成一个工序。如果将全批工件都先进行钻孔，然后全批工件再进行铰孔，这样钻孔和铰孔就分别成为两个工序了。

工序是工艺过程的基本组成部分，并且是生产计划的基本单元。

通常把仅列出主要工序名称的简略工艺过程简称为工艺路线。

当某一工序的加工表面较多时，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。为了便于分析研究较复杂的工序，又可将该工序划分为若干不同的工步。

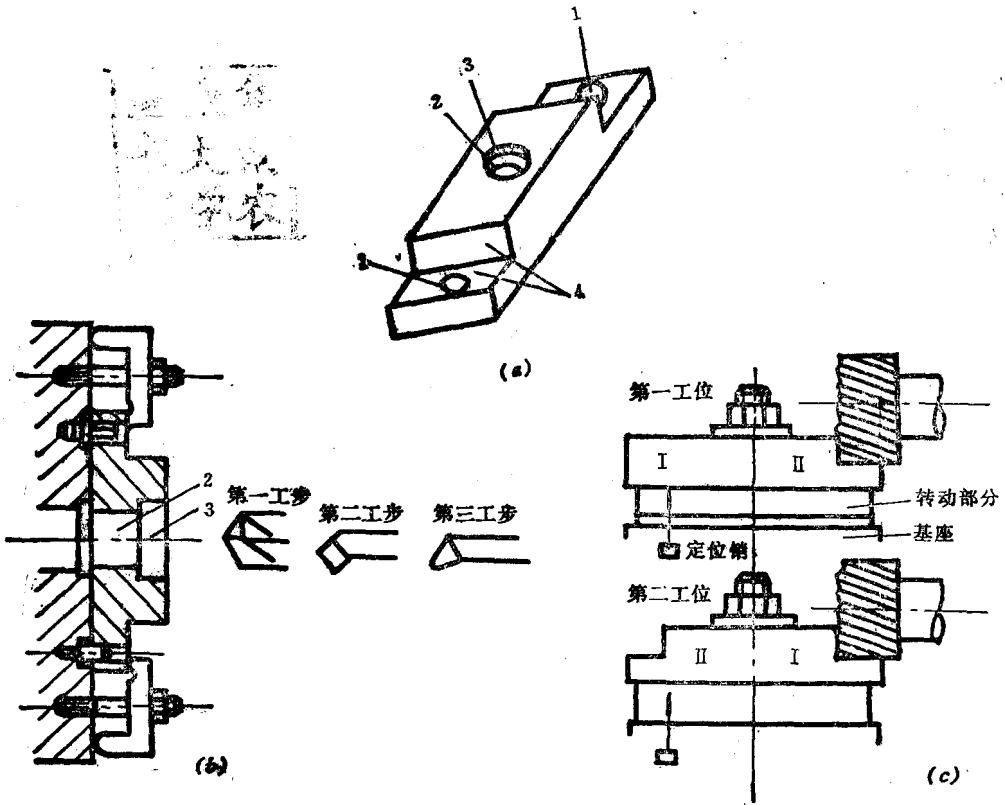


图1-1 工艺过程的组成

(二) 工步

在被加工表面、切削工具和机床的工作用量（指转速和进给量）均保持不变的条件下所完成的那一部分工序，称为一个工步。

如图1-1 (b) 所示为对零件中部台阶孔的加工工序，这一工序包括三个工步：① 钻孔2；② 镗孔2；③ 镗环槽3。

为了提高生产率，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。如图1-2 (a) 所示为用两把铣刀同时加工，图1-2 (b) 为用两把车刀、一个钻头同时加工。

复合工步在工艺规程中写成一个工步。

如果几个加工表面完全相同，所用的刀具及切削用量亦不变，在工艺规程上则把它们当作一个工步看待。如图1-3在工件上钻四个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔，用一个钻头顺次进行加工，如果这还不是全部工序，则钻削全部孔的这部分加工过程，算作一个工步。

(三) 走刀

在一个工步中，工具从被加工表面上每切去一层金属所进行的工作，称为一次走刀。

当工件表面上需要切去的余量较大时，不可能或不宜以一次切除时，就需要分几次走刀进行加工（如图1-4）。

(四) 安装

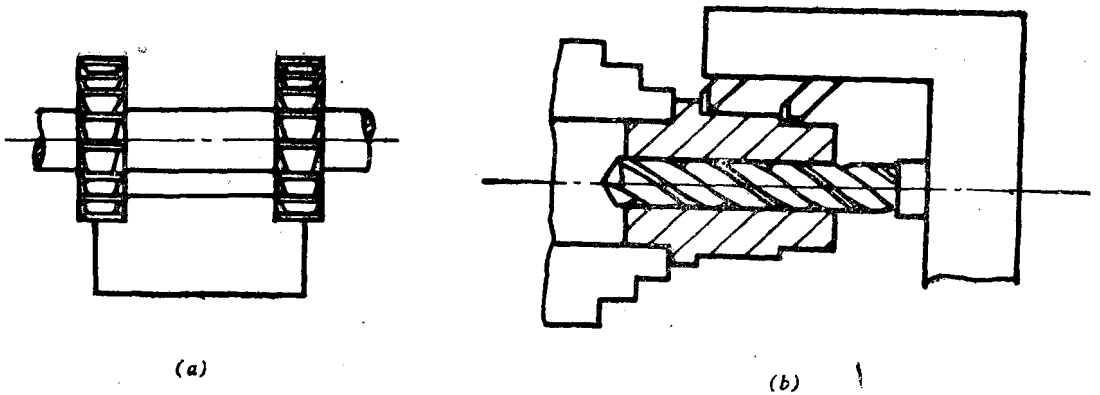


图 1-2 复合工步

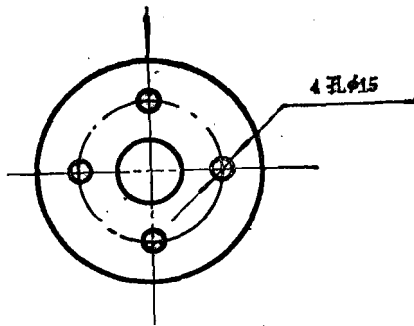


图 1-3 包括四个相同加工表面的工步

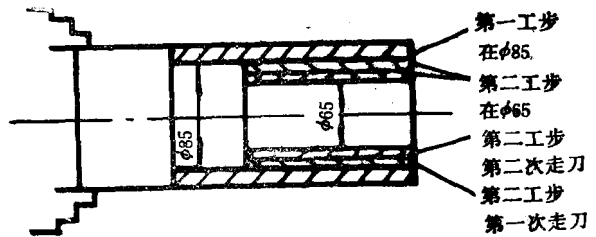


图 1-4 阶梯轴加工

使工件在机床上（或在夹具中）定位并将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，可能只安装一次，也可能安装几次。如图1-1(a)所示，用一对铣刀同时加工两端台阶平面4，这是一次安装。若用一把铣刀先铣一端平面4，然后将工件松开，转180°，并重新夹紧，再加工另一端，这就成了两次安装。

在工艺过程中，应尽可能减少安装次数，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，在生产中常采用不需要重新装卸工件而能改变工件位置以加工不同表面的夹具（如各种回转夹具）。

（五）工位

一次安装后，工件在机床上所占有的每一个位置称为一个工位。图1-1(c)所示为利用夹具在两个工位上铣削平面4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端进入加工位置，亦即使工件由第一工位转到第二工位。

最后，通过六角螺钉的机械加工工艺过程来说明上述这些术语的应用。零件图见图1-5。工艺过程见表1-1。

三、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制订。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、设备和工夹具等一系列问题。

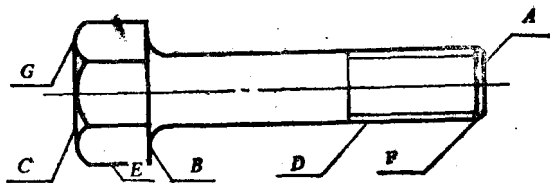


图 1-5 螺钉

表 1-1 螺钉机械加工工艺流程

工 序	安 装	工 步	工 位	走 刀
I 车	1 (三爪卡盘)	1) 车端面 A	1	1
		2) 车外圆 E		1
		3) 车螺纹外径 D		3
		4) 车端面 B		1
		5) 倒角 F		1
		6) 车螺纹		6
		7) 切断		1
I 车	1 / (三爪卡盘)	1) 车端面 C	1	1
		2) 倒棱 G		1
II 铣	1 (旋转夹具)	1) 铣六方 (复合工步)	3	3

生产类型根据零件年产量的大小可分为三种不同的生产类型，即单件生产、成批生产和大量生产。

(一) 单件生产

生产的产品种类较多，产量少，且很少重复。例如，重型机器制造、专用设备制造和新产品试制等。

(二) 成批生产

一年中分批地制造相同的产品，制造过程有一定的重复性。例如，机床制造、航空发动机制造、一般光学仪器及液压传动装置等的生产均属成批生产。每批所制造的相同零件的数量称为批量。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。小批生产的工艺过程的特点和单件生产相似，大批生产的工艺过程的特点和大量生产相似，中批生产的工艺过程的特点则介于单件小批生产和大批大量生产之间。

(三) 大量生产

产品数量很大，大多数机床、工作地点经常重复地进行某一个零件的某一道工序的加工。例如，汽车、拖拉机零件、航空发动机叶片、轴承等的制造通常都是以大量生产的方式进行的。

在同一工厂内，甚至在同一车间中，各个工段也可能按照不同的生产类型来组织生产。

生产类型不同，制订工艺过程的详细程度也就不同。在单件生产时，一般只制订工艺路线，在成批和大量生产中，就需要制定详细的工艺规程。由于生产类型的不同，无论在生产

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各方面的要求，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。

为了保证产品质量，在航空工厂中每个零件基本上都编制一本较详细的工艺规程。但在民品生产中要求就没有如此严格，一般只对复杂的零件才编制详细的工艺规程。

各种生产类型的工艺过程的特点见表1-2。

表1-2 各种生产类型的工艺过程的主要特点

特 点	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
工 件 的 互 换 性	一般是配对制造，没有互换性，广充用钳工修配。	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，加工余量小。
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。按加工零件类别分工段排列。	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，靠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。

生产纲领通常也称为年产量。在制订工艺规程时，一般按产品同种零件的生产纲领来确定生产类型。零件的生产纲领可按下式计算：

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

式中 N ——零件的生产纲领（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）；

$a\%$ ——备品率；

$b\%$ ——废品率。

生产纲领和生产类型的关系随产品的大小和复杂程度而不同。表1-3给出了一个大致的范围。

表1-3 生产类型和生产纲领的关系

生产类型	重型机械	中型机械	小型机械
单件生产	少于5	少于20	少于100
小批生产	5~100	20~200	100~500
中批生产	—	200~500	500~5000
大批生产	—	500~5000	5000~50000
大量生产	—	5000以上	50000以上

注：“重型机械”、“中型机械”和“小型机械”可分别以轧钢机、柴油机和缝纫机作代表。

四、零件规定精度的获得方法

零件在加工时，要得到规定的尺寸与所要求的精度，主要可通过下列方法获得。

(一) 试削法

在被加工表面上先试切一小段，测量尺寸，再试切，再测量，如此经过两三次试切和测量，达到图纸要求的尺寸和精度后，再切削整个待加工表面。图1-6(a)所示即为在车床上采用试削法加工外圆的情况。

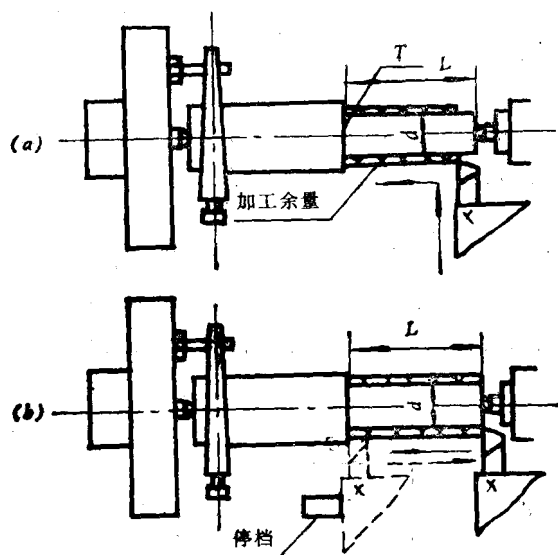


图 1-6 获得规定精度的方法

(a) 试削法加工 (b) 定距装刀法加工

采用试削法加工，生产率较低，适合于单件或小批生产。

(二) 定尺寸刀具法

这种方法是采用有一定尺寸和形状的刀具进行加工，以获得所规定的精度。如用钻头、铰刀和槽铣刀等进行加工，因为这些刀具尺寸是有一定精度的，所以加工出来的孔和槽宽尺寸也是一定的（在一定的误差范围内）。

(三) 定距装刀法

这是利用行程挡块、行程凸轮等预先按试削法调整好刀具相对于机床或夹具的位置，然后加工一批工件。图1-6(b)所示即为在普通车床上采用定距装刀法加工的情况。用这种方法

时, 预先将车刀按规定的尺寸 d 确定好位置, 并使刀具在—批零件的加工过程中不作横向移动。车刀的纵向移动用停挡加以限制。

这种方法广泛应用于多刀车床、转塔车床、龙门铣床等半自动和自动机床上。这种方法所能得到的加工精度, 不仅取决于设备(包括刀具、夹具)调整精度, 而且还和加工过程中各种因素的稳定性有关。

(四) 自动获得尺寸精度法

使用一定的装置, 在工件达到要求的尺寸时, 自动停止加工。方法有两种:

1. 自动测量: 即机床上有自动测量工件尺寸的装置, 在工件达到要求的尺寸时, 自动测量装置即发出指令使机床自动退刀并停止工作。

2. 数字控制: 即尺寸的获得是由预先编制好的穿孔带通过数字控制装置自动控制。

除试削法外, 上述几种获得规定尺寸精度的方法, 是成批和大量生产中采用的主要方法, 也是机械加工过程自动化的必要条件。因此, 有关基准选择、尺寸换算和关于加工精度问题的分析与研究, 都是以自动获得规定尺寸精度的方法作为前提条件的。

五、基准的概念

零件是由若干表面组成的, 它们之间有一定的相互位置和距离尺寸的要求。在加工过程中, 也必须相应地以某个或某几个表面为依据来加工其它表面, 以保证零件图上所规定的相互位置要求。因此, 在研究零件表面间的相互位置关系时, 是离不开基准的。

基准是指零件上某些点、线或面, 据此标定其它点、线或面的位置。

根据基准的功用不同, 又可分为设计基准和工艺基准两大类。

(一) 设计基准

在零件图上用以确定其它点、线或面位置的基准, 称为设计基准。图1-7所示是三个零件图的部分要求。图(a)中A面与B面互为设计基准; 图(b)中D是平面C的设计基准; 图(c)中虽然G面和H面之间没有标出一定的尺寸, 但有一定的位置关系精度的要求, 因此, H面是G面的设计基准。

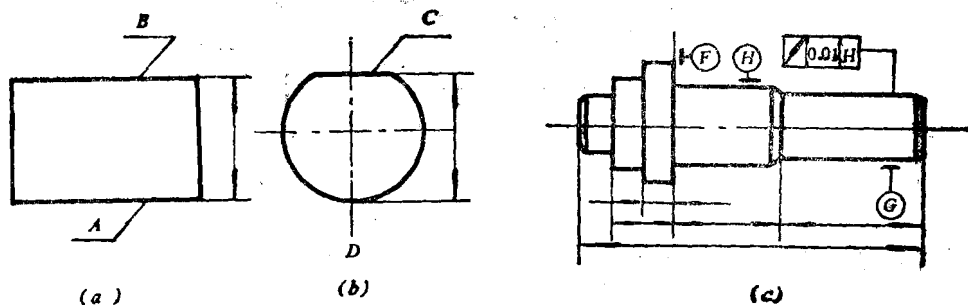


图 1-7 设计基准

对于整个零件来说, 有很多位置尺寸和位置关系的要求, 但在各个方向上往往有一个主要的设计基准。如图1-7(c)所示的零件上, F是轴向的主要设计基准。主要设计基准又往往就是在装配时用来确定该零件在产品中的位置所依据的基准。

(二) 工艺基准

零件在工艺过程中使用的基准, 称为工艺基准。