

高等学校教材

机械制造工艺学

(修订本)

华中理工大学 宾鸿赞 主编
天津大学 曾庆福

GAO DENG XUE
XIAO JIAO CAI

机械工业出版社

前 言

根据1987年10月在西安召开的“机械制造工艺及设备专业教学指导委员会会议”的决定，由华中理工大学路亚衡和天津大学曾庆福任主编，对华中理工大学孙健、天津大学曾庆福主编的高校试用教材《机械制造工艺学》（机械工业出版社1982年版）进行修订，由同济大学侯镇冰、清华大学池去病负责主审。

1988年6月，路亚衡教授不幸病故。路先生生前为本书倾注了大量心血，不仅对全书的结构作了精心考虑，而且亲自动手完成了第二章的大部分初稿。在此，我们谨表示对路先生的深切怀念之情。

本书现由华中理工大学宾鸿赞和天津大学曾庆福任主编。

本书力求体现以下各点：考虑多品种小批量生产特点；注意吸收新技术并反映机械制造工艺的新进展；将工艺与夹具有机地结合起来；采用国家最新标准（含名词术语、代号、计量单位等）；为便于教学，各章均附有习题与思考题。

本书可作为高等院校机械制造工艺及设备专业的教材，也可供从事机械制造专业的工程技术人员参考。

本书由华中理工大学和天津大学合编。参加本书编写的人员有：绪论和第一章：宾鸿赞；第二章：路亚衡、李鹤九、宾鸿赞；第三章：罗正川、曾庆福、徐燕申；第四章：张世昌、曾庆福；第五章：黄奇葵、张世昌；第六章：段守道、宾鸿赞、张福润；第七章：张福润、闻立楷、罗正川。

本书由同济大学侯镇冰、清华大学池去病主审，由于工作需要，清华大学王先逵参加主审工作。参加本书审稿、定稿的还有：大连理工大学王小华，吉林工业大学于骏一，北京理工大学计志孝，燕山大学王光斗。他们对初稿提出了不少的宝贵意见。在此，谨向他们表示衷心的感谢。

由于水平所限，书中难免有不少欠妥之处，恳请读者批评指正。

编者 1988年11月

目 录

绪论.....	1
第一章 基本概念.....	5
§ 1-1 概述	5
§ 1-2 生产组织类型	10
§ 1-3 基准	12
§ 1-4 工件的装夹	14
习题与思考题	16
第二章 机械加工精度.....	17
§ 2-1 概述	17
§ 2-2 工艺系统几何误差对加工精度的影响	18
§ 2-3 工艺系统受力变形引起的加工误差	29
§ 2-4 工艺系统受热变形引起的加工误差	44
§ 2-5 加工误差的统计分析	52
§ 2-6 工艺过程稳定性分析与相关分析	61
§ 2-7 保证和提高加工精度的途径	69
§ 2-8 加工质量问题的分析实例	76
习题与思考题	81
第三章 加工表面质量与振动.....	82
§ 3-1 机械加工表面质量概述	82
§ 3-2 影响加工表面质量的工艺因素	84
§ 3-3 提高表面质量的加工方法	88
§ 3-4 机械加工振动的基本概念	98
§ 3-5 机械加工中的受迫振动	105
§ 3-6 机械加工中的自激振动	109
习题与思考题	124
第四章 尺寸链原理	125
§ 4-1 概述	125
§ 4-2 尺寸链的计算方法	129
§ 4-3 工艺尺寸链	140
§ 4-4 装配尺寸链	151
§ 4-5 用装配尺寸链原理分析部件装配精度举例	160
习题与思考题	162
第五章 机床夹具设计原理	165
§ 5-1 概述	165
§ 5-2 工件在夹具中的定位	168
§ 5-3 工件的夹紧	185
§ 5-4 夹具应用举例	202

§ 5-5 多品种、小批量生产中使用的夹具	212
§ 5-6 机床夹具设计步骤与方法	223
习题与思考题	235
第六章 机械加工工艺规程的制订	239
§ 6-1 概述	239
§ 6-2 零件的工艺性分析	241
§ 6-3 定位基准的选择	243
§ 6-4 工艺路线的拟定	245
§ 6-5 加工余量的确定	250
§ 6-6 生产率分析	253
§ 6-7 工艺方案的技术经济分析	256
§ 6-8 箱体零件机械加工工艺规程制订实例	259
§ 6-9 机械零件的成组加工	262
§ 6-10 计算机辅助编制工艺规程 (CAPP)	274
习题与思考题	283
第七章 机械制造工艺的进展	286
§ 7-1 计算机辅助制造 (CAM)	286
§ 7-2 超精密加工	309
§ 7-3 特种加工工艺	316
习题与思考题	322
附录	324
参考文献	337

绪 论

机械制造业是国民经济的基础工业，是提高人民生活水平的重要支柱工业。据各工业国家的统计，制造业(包含机械制造)创造其国民经济总收入的30%~45%。可以说，没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备，信息技术、新材料技术、海洋工程技术、生物工程技术以及空间技术等新技术群的发展就会受到制约。所以，机械工业发展的水平，常常是一个国家科学技术发展水平的重要标志之一。

机械制造业虽然是一个古老的工业行业，但是，随着现代科技的进步，特别是计算机技术的发展，使得机械制造业焕发出了活力。图0-1表示出了这种发展状况^[13]。假定以1960年的机械加工时间(加工准备时间+无排屑的非切削循环时间+排屑的真正切削循环时间)为100%时，1960~1975年的15年间，随着数控加工技术的推广和应用，非切削时间显著缩短，生产率提高了一倍左右。其后，1975~1980年的5年间，由于以计算机辅助设计和计算机辅助制造系统(CAD/CAM)为代表的计算机辅助自动化生产系统达到了实用阶段，从而使加工准备时间和非切削时间得以进一步缩短。从图0-1可知，80年代以后，要进一步改善生产率水平，将主要依靠缩短真正切削时间，寄希望于高速切削。

数控(NC)机床的出现，使机械制造有了突破性进展。在传统的机械制造中，一个零件的加工周期中，真正用于切削加工的时间所占的比例很小，约为5%左右。机床设备的利用率也较低(大批生产时约为22%，中批生产时为8%，小批生产时为6%)。数控技术的推广、计算机辅助功能的应用，不仅提高了机械制造的生产率，而且也保证了产品质量、降低了生产成本。

机械制造精度近60年内，约提高了1000倍。从第一台蒸汽机所用的气缸镗床，达到的精度为1mm而进入20世纪后，由于科技成果的推广应用、测试技术水平的不断提高，精度由20世纪初期的 $10\mu\text{m}$ 提高到60年代的 $0.01\mu\text{m}$ 。目前，由于加工尺寸本身已有亚微米($<1\mu\text{m}$)级的要求，其加工精度则要求达到 $0.001\mu\text{m}$ ，即纳米(nm)级，加工单位将以原子或分子计，故要求发展超精密和超微细的加工方法。

近20年来，机械制造业发生了令人瞩目的变化。主要表现为：由销售市场(卖方市场)变为购买市场(买方市场)；由大批大量生产变为多品种小批量生产；产品更新周期缩短，一般由4~5年变为1.5~2.5年。所有这些变化，要求机械制造具有更大的柔性。于是，所谓编程加工技术，如加工中心机床(Machining Center)、柔性制造系统(FMS——Flexible Manufacturing System)、计算机集成制造系统(CIMS, Computer Integrated

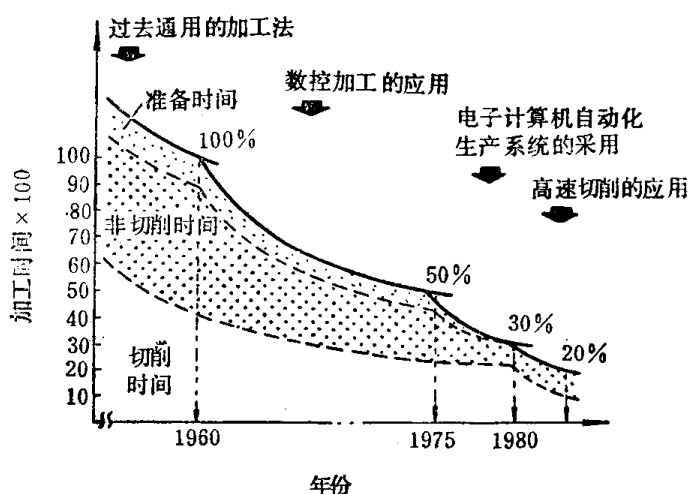


图0-1 技术进步引起加工时间缩短

Manufacturing System)等就有了发展的必要性。

新材料的出现,迫使人们探讨新的加工方法。例如对于高强度材料、特硬、特脆、特殊性能材料的加工,近几十年来发展了一系列的特种加工方法,如电火花加工、电解加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工以及激光加工等等。这些加工方法,突破了几百年来所使用的传统金属切削方法,使机械制造工业出现了新面貌。

我国机械制造业已具有一定的实力,我国拥有300多万台切削机床,“六·五”期间,在齿轮加工、导轨加工和箱体加工三大关键方面进行工艺攻关,取得了显著成效。如沈阳第一机床厂在“六·五”期间,使齿轮精度由JB179—83的7-6-6级提高到5-4-4级;济南第一机床厂对齿轮采用磨齿工艺、对7级齿轮采取硬齿面滚齿和负变位中硬剃齿,使齿轮噪声降至76~80dB,而且达到悦耳的水平。北京第一机床厂采用周边磨以后,导轨的直线度误差减少到0.005mm/1000mm以内;南京机床厂总结出一套磨削导轨无波纹的工艺方法,并向各有关厂家有偿转让。箱体加工开始采用坐标镗床、数控镗铣床或加工中心机床进行加工,宁江机床厂就有13台坐标镗在生产第一线;济南第一机床厂已实现单件小批量生产箱体的加工数控化。在成组技术、计算机辅助编制工艺规程和计算机辅助管理等应用方面,也有了成效。如济南第二机床厂从1982年组建成组加工车间以来,生产任务连年超额完成,废品率下降、生产周期缩短1/3、劳动生产率提高30%。整个机床行业的技术改造成果,体现在“六·五”期间机床品种增长80%以上,产值增长51%,劳动生产率提高41%,利润增长74%。

然而,不能不看到我国与国外先进工业国家的差距。我国目前机械工业的劳动生产率只有美、日、联邦德国的1/25~1/15。这除了管理落后,专业化生产水平低之外,落后的工艺也是很大的因素。目前机电产品质量问题是我国机械工业的“顽症”之一。根据对100个工厂产品调研后的结果,由于工艺因素造成质量问题的比重占60%以上。我国机电产品水平低、品种少,除科研、开发基础差之外,还受到落后的工艺所制约。往往由于工艺水平不高而迫使修改产品设计,或是产品研制出来后,不能迅速转变成商品;即使从国外引进机电产品技术,也因工艺落后而迟迟不能形成批量生产。

面对这种现实,我国机械工业,近年来从稳定与提高产品质量的目标出发,提出了“以加强工艺管理、严格工艺纪律为突破口,提高工艺水平,推行全面质量管理,打一场提高产品质量的硬仗”为当前工艺工作的指导方针。1987年10月召开的机械工业第四次工艺工作会议上,统一了对这一指导方针的认识,认识到“大抓工艺管理”和“工艺上水平”的工作是振兴我国机械工业的重大战略措施之一。

工艺管理是企业管理的组成部分,它把生产过程按照一定的规律组织起来,以最有效的手段和尽可能低的成本生产出符合质量要求的产品。工艺管理侧重于工程技术科学,如工艺性分析、产品工艺方案的制订,工艺规程的编制与贯彻,新工艺的应用与推广等等。作为工艺管理的组织系统,既包括企业的工艺科室,也包括车间的施工组织,以及作为技术后方的理化试验室、工艺试验室等,都是以企业生产环节形式出现的。工艺管理是通过各种工艺文件,为组织生产提供依据,通过采用新工艺、新材料等,获得由于节约材料、能源、工时、台时等所产生的经济效益,这是发展生产力的最直接因素。

然而,全面质量管理(TQC——Total Quality Control)已发展成为一种专门的管理思想和方法。它的基本出发点是企业的全部活动,包括产品设计、生产准备、制造过程、经营服务等都要在“质量第一”,各自保证工作质量的思想指导下进行。要求在制造过程中,对人、

机、料、法（工艺方法）、环（环境条件）等因素处在有数据反馈的控制状态中，经过 PDCA（Plan-Do-Check-Action）循环，达到稳定与提高产品质量的目的。全面质量管理是企业研制、保证提高产品质量过程中所运用的一整套管理体系，它强调各部门之间的质量保证与协调配合。因此，全面质量管理通过组织、控制等手段，带来了各种数据和反馈信息，为企业决策者和各部门提供依据，克服薄弱环节，改善管理方法，为进一步改进质量创造条件。不难看到，全面质量管理与工艺管理虽同属管理范畴，但前者所复盖的面要比后者大。

工艺水平包括工艺技术水平、装备水平、检测水平、操作水平和工艺管理水平。对机械工业来讲，“工艺上水平”就是以依靠科技进步内涵为主发展机械工业的重要途径。而“工艺上水平”最核心是装备（包括检测装备）水平。因为工艺技术最终体现在装备上，操作水平随装备水平的高低而变化，水平愈高的装备对工人操作水平依赖程度愈低。西方工业强国的机械工业积极采用数控机床，既作为激烈竞争中求生存的手段，也是解决熟练工人缺乏的重大措施；高水平的技术装备也会促进工艺管理水平的提高。所以，机械工业工艺要上水平，将取决于机床工业（含仪器仪表工业）的产品能否上水平。

“机械制造，工艺为本”。这是通过对机械制造业发展的分析，对机械制造过程的实践经验总结出的一条重要规律。只有充分认识这一规律，抓住机械制造工艺这一根本不放，才能使我国机械工业在国内外市场竞争中以雄厚的企业工艺实力和应变能力，以质优价廉的产品尽快地立足于胜利者的行列之中。

要建立“机械制造，工艺为本”的观念，要求各级企业领导者，各类工程技术人员从思想认识上到政策制定上都要克服“重产品设计，轻制造工艺”的传统观念，提高工艺人员的地位，使他们与产品设计人员在科研成果评定与奖励上一视同仁；还要造就一支数量庞大的高级技工队伍。实践证明，工艺技术的研究与实用，没有高级技工参加，将会一事无成。国内外许多有名公司的技术诀窍，往往为高级技工所拥有，他们真正掌握着公司的技术要害，只有发挥他们的作用，才能使企业的产品长盛不衰；同时还要研究国内外的机械制造工艺的信息，深入开展工艺试验，坚持采用“三新”（新技术、新工艺与新设备），使机械制造工艺确实成为根本。

“机械制造，工艺为本”，必须有正确的理论指导。机械制造工艺学就是为了揭示机械制造过程的物理本质与规律，于20世纪40年代建立起来的。概括地讲，机械制造工艺学是研究如何科学地最优地生产各种技术装备——机械装备的一门技术学科，也就是研究在机械制造中优质、高产、低消耗地生产机械装备的原理和方法的学科。所谓优质、高产、低消耗，即从制造质量、生产率、经济性三方面来评价生产。这三者之间具有辩证关系，在解决某一工艺技术问题时，必须全面地加以综合考虑。但是，在某一特定的生产条件下，三个方面中之一是起主导作用的，而保证产品的制造质量总是基本前提条件。

当今，由于现代科学理论的发展，控制论、系统论、优化方法的不断完善与推广应用，使机械制造工艺学朝更加科学化、系统化方向发展。例如，应用数量化观点对工艺过程中所遇到的成千上万、千差万别的零部件的成组编码系统，能使零件的形状、性能等物理量数量化；应用优化方法来研究制造工艺路线的优化路线和选择最优的切削用量；应用控制理论来研究加工误差的补偿控制；应用系统论的观点，来研究生产系统，如采用及时生产（JIT——Just In Time）方式，将离散的机械制造过程连续化以有利于对生产系统的分析等方面都取得了可喜的进展。

诚然，在机械制造中，目前仍然存在着大量的不能用数量表示的信息，诸如加工方法的优劣，所选用的设备是否恰当等等，这些只能用经验与知识来评定，其指标往往取决于专家的主观意识与经验。因此，有统计表明，大中型企业中，有经验的工艺人员年龄一般多在50岁以上，企业需花大力气培养他们。近年来出现的专家系统，较好地解决了经验与知识的计算机软件表示问题，并应用逻辑推理功能，使繁琐、重复的工艺规程编制工作推向了现代科技的水平上，超过了单个专家的知识与经验水平。

机械制造工艺学是机械制造工艺及设备专业的一门主要专业课程。通过本门课程的学习，应该掌握机械制造工艺的基本理论知识，学会分析机械加工过程中产生误差的原因，能对具体的工艺问题进行分析，并能提出改善产品质量、提高生产效率、降低成本的工艺途径。

同时，通过生产实习、工程设计训练、实验等教学环节的配合，使学生们熟悉制订工艺规程的原则、步骤和方法，具备制订机械加工工艺规程及设计机床夹具的能力。此外，对于计算机辅助制造和机械制造中的特种加工工艺等方面也有一定的了解。

工艺是机械制造之本。因此，作为机械制造专业的学生与技术人员就应具有强烈的责任感与自豪感。工艺工作是非常活跃的工作，它为广大技术人员提供了发挥自己聪明才智的舞台。但是，机械制造工艺学远没有达到完美的境地，许多工艺规律需要我们去探索，许多理论空白需要我们去填补，许多新的工艺方法需要我们去研究与开发。如何将现代科学理论的成果、现代技术的发展与机械制造结合起来，是摆在每一个机械制造工程技术人员面前的一个很值得研究的课题。

第一章 基 本 概 念

§ 1-1 概 述

一、机械加工工艺流程

所谓机械制造工艺是对各种机械的制造方法与过程的总称。在这里，着重研究机械制造工艺过程。

生产过程是指将原材料转变为成品的全过程。它包括：

- 1) 原材料的运输、保管和准备；
- 2) 生产准备工作；
- 3) 毛坯的制造；
- 4) 毛坯经过机械加工、热处理而成为零件；
- 5) 零件装配成机器；
- 6) 机器的质量检查及运行试验；
- 7) 机器的油漆和包装。

在机器的生产过程中，零件的机械加工是在机械加工车间进行的。在机械加工车间中，直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置与性质等，使其成为成品或半成品的过程称为机械加工工艺过程，它是机械加工车间生产过程的主要部分。

零件的机械加工工艺过程是由许多机械加工工序组合而成的，毛坯依次通过这些工序而变成所需的零件。

所谓工序，是指一个或一组工人，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。可见，工作地、工人、零件和连续作业是构成工序的四个要素，其中任一要素的变更即构成新的工序。连续作业是指在该工序内的全部工作要不间断地接连完成。如加工图 1-1 所示的阶梯轴，在不同生产型式下的工序分别由表 1-1 和表 1-2 给出。在有些情况下，在一个工序中，工件在加工过程中需多次改变位置，以便进行不同的加工。因此，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

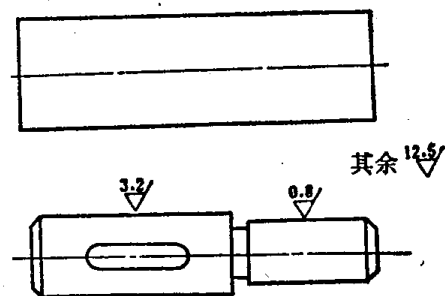


图1-1 阶梯轴及毛坯

表1-1 阶梯轴单件生产的工艺过程

工序号	工序名称	设备
1	车端面，打中心孔，车外圆，切退刀槽，倒角	车床
2	铣键槽	铣床
3	磨外圆，去毛刺	磨床

表1-2 阶梯轴大批大量生产的工艺过程

工序号	工序名称	设备
1	铣端面，打中心孔	铣端面 and 打中心孔机床
2	粗车外圆	车床
3	精车外圆、倒角、切退刀槽	车床
4	铣键槽	铣床
5	磨外圆	磨床
6	去毛刺	钳工台

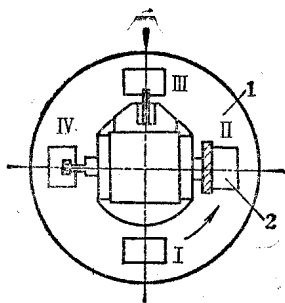


图1-2 包括四个工位的工序
1—回转工作台 2—工件

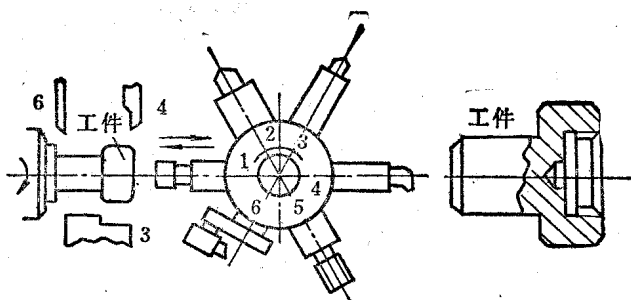


图1-3 包括六个工步的工序

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。一个工序可包括几个工位，如图 1-2 所示，在具有回转工作台的铣床上，工位 I 用来装卸工件，工位 II~IV 分别加工零件的三个表面，故该工序具有四个工位。

有时在一个工序中，还可包括几个工步。工步是指在加工表面（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。如图 1-3 所示的在六角自动车床上加工零件的一个工序，包括六个工步。

更换刀具等工作，称为辅助工步。它是指由人和（或）设备连续完成的一部分工序，该部分工序不改变工件的形状、尺寸和表面粗糙度，但它是完成工序所必须的。

在一个工步中，有时因所需切去的金属层很厚而不能一次切完，则需分成几次进行切削，这时每次切削就称为一次走刀，如图 1-4 所示用棒料制造阶梯轴时，第二工步中包括了两次走刀。

安装是指工件（或装配单元）经一次装夹后所完成的那一部分工序。可见，安装可看成是一个辅助工步，而装夹是指定位与夹紧的操作过程。

二、机械加工工艺规程

为了使所制造出的零件能满足“优质、高产、低消耗”的要求，工艺过程不能仅凭经验来确定，而必须按照机械制造工艺学的原理和方法，并结合生产实践和具体生产条件予以确定，形成工艺文件，即指导工人操作和用于生产、工艺管理等的各种技术文件。

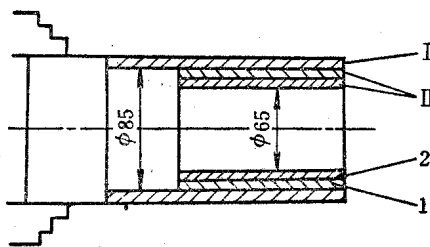


图1-4 以棒料制造阶梯轴

I—第一工步（在 $\phi 85\text{mm}$ ）

II—第二工步（在 $\phi 65\text{mm}$ ）

1—第二工步第一次走刀 2—第二工步第二次走刀

规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件，称为工艺规程。

在各个机械制造工厂中所使用的机械加工工艺规程的具体格式不完全一样，但基本内容是相同的。在生产上用来说明工艺规程的工艺文件，包括机械加工工艺过程卡片和机械加工工序卡片，分别如表 1-3、表 1-4 和表 1-5 所示。对于半自动机床及自动机床还要有机床调整卡片，对于检验工序还有检验工序卡片。

零件的机械加工工艺过程卡片是说明零件的整个工艺过程应如何进行。在这种卡片上，有产品的名称与型号、零件的名称与图号、毛坯的种类与材料、工序的序号、名称及内容、完成各工序的车间、所用的机床和工艺装备、工时定额等，表 1-3 适用于小批量生产。对于

表1-3 机械加工工艺过程卡片（适用于小批量生产）

(工厂名)	机械加工 工艺过程 卡片	产品名称及型号		零件名称			零件图号			
		材料	名称	毛坯	种类	零件重量 kg	毛重	第 页		
			牌号		尺寸		净重		共 页	
			性能		每台件数		每批件数			
工序号	工 序 内 容			加工车间	设备名称 及编号	工艺装备名称 及编号		技术 等级	时间定额/min	
					夹具	刀具	量具		单 件	准备终结
更改 内容										
编制			校 对		审 核				会 签	

表1-4 机械加工工艺过程卡片（适用于大批量生产）

(工厂名)	机械加工 工艺过程 卡片	产品名称及型号		零件名称			零件图号											
		材料	名称	毛坯	种类	零件重量 kg	毛重	第 页										
			牌号		尺寸		净重		共 页									
			性能		每台件数		每批件数											
工 序	安 装	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/min				
					切削 深度 mm	切削速度 (m· min ⁻¹)	r/min 或往复 数/min	进给量 (mm·r ⁻¹ 或 mm·双行程 ⁻¹)		夹 具	刀 具	量 具		单件	准备终结			
更改 内容																		
编制											校 对				审 核		会 签	

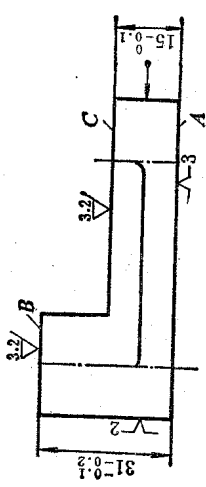
大批大量生产用的加工工艺过程卡片，除上述内容外，还要有说明每个工序及工步所加工的表面、所取的切削用量、要求达到的尺寸和公差等，如表 1-4 所示。关于工艺过程卡片所含内容的详细程度，可以按照零件加工过程的情况（包括生产批量的大小及机器设备、工艺装备的现状等）予以确定。

零件的机械加工工序卡片，是在工艺过程卡片或工艺卡片的基础上，按每道工序所编制的一种工艺文件。一般具有工序简图，并详细说明该工序的每个工步的加工（或装配）内容、工艺参数，操作要求以及所用设备和工艺装备等，如表 1-5 所示。在零件批量较大时都要采用这种卡片。

零件的机械加工工艺规程是机械加工车间指导生产的工艺文件，有了这些指导性文件，就能很好地组织生产，使工艺过程达到优质、高产、低消耗的要求。所以，一切生产人员都必须严格执行、认真贯彻这些工艺文件。

此外，在新产品投入生产以前，也必须根据工艺规程进行有关的技术准备和生产准备工作。例如，安排原材料、半成品、外购件的供应，刀具、夹具、量具的设计、制造和采购，

表1-5 机械加工工序卡片

(工厂名)	机械加工工序卡片		产品名称、型号		零件名称	零件图号	工序名称	工序号	第 1 页
			CW6140 车床	杠杆	07-100	铣 C、B 面	2	共 1 页	
			车间	工段	材料名称	材料牌号	机械性能		
			机工	四	铸铁	HT100			
			同时加工件数	每件件数	技术等级	单件时间/min	准备终结时间		
			4	1					
			设备名称	设备编号	夹具名称	夹具编号	冷却液		
			X 51 立铣		铣夹具	XK-2036			
更改内容									

工步号	工步内容	计算数据/mm			走刀次数	切削用量				工时定额/min			刀具、量具及辅助工具			
		直径或长度	走刀长度	单边余量		切削深度 mm	进给量 mm·r ⁻¹	r/min 或双行程/min	切削速度 m·min ⁻¹	基本时间	辅助时间	工作地 服务时间	名称	规格	编号	数量
1	粗铣B面				1		3.5	150	71				端铣刀	φ150	TK-158	1
2	精铣B面				1		3.5	300	142							
3	粗铣C面				1		3.5	150	71							
4	精铣C面				1		3.5	300	142							
编制		抄写		校对		审核		批准								

安排零件的投料时间和批量, 调整设备的负荷等。在新建、扩建或改建机械制造厂房时, 也要根据工艺规程统计出所建车间应配备的机床设备的种类和数量, 所需的车间面积和生产人员数量, 以及确定车间的平面布置和厂房的基建要求等。

三、机械制造系统的构成与分析

从系统论的观点出发, 生产过程可看作一个输入—输出系统。输入为生产要素(如材料、生产力、生产工具和生产信息等), 输出为生产产品(包括有形产品与无形产品如服务等)。生产是一个输入—输出系统, 它将生产要素转变成经济产品, 从而创造了使用价值。

令生产要素(即输入)为 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 而输出为 y (即产品), 则生产函数可表示为

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

社会的进步与经济发展, 使人们的生活水平不断提高, 从而对产品的需求也就要不断更新, 故多品种小批量生产方式将逐渐成为主导生产方式。为此, 提出了生产过程的柔性概念。我们定义生产过程的柔性 L_y 为产品的变化速率, 有

$$L_y = \frac{dy}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{dx_i}{dt}$$

欲提高生产过程的柔性, 可从两个方面努力, 即不断更新生产要素 (dx_i/dt 加大), 以及使生产过程适应生产要素的更新 ($\partial f/\partial x_i$ 加大)。例如, 工程塑料的飞速发展, 使汽车零件由金属制品改变为塑料制品, 可以大大地加速汽车的更新速度; 数控机床(生产工具)的进展, 大大地缩短了生产准备时间, 从而也加速了产品更新速度; 少无切削工艺(生产信息)的发展, 将极大地节省切削加工时间, 进而加快了产品的更新进程。另一方面, 有先进的生产设备, 但企业缺乏使用生产设备的条件 ($\partial f/\partial x_i$ 很小), 生产的柔性仍然很低, 产品更新也快不了; 出现了陶瓷材料做的汽缸, 却不能找到一种有效的加工工艺 ($\partial f/\partial x_i$ 小), 陶瓷发动机也难以在市场上推广等等。因此, 更使我们认识到, 生产过程是一个复杂的过程, 牵涉的领域很多, 而且也是随时间不断发生变化的。

有的研究者将生产过程看成是由

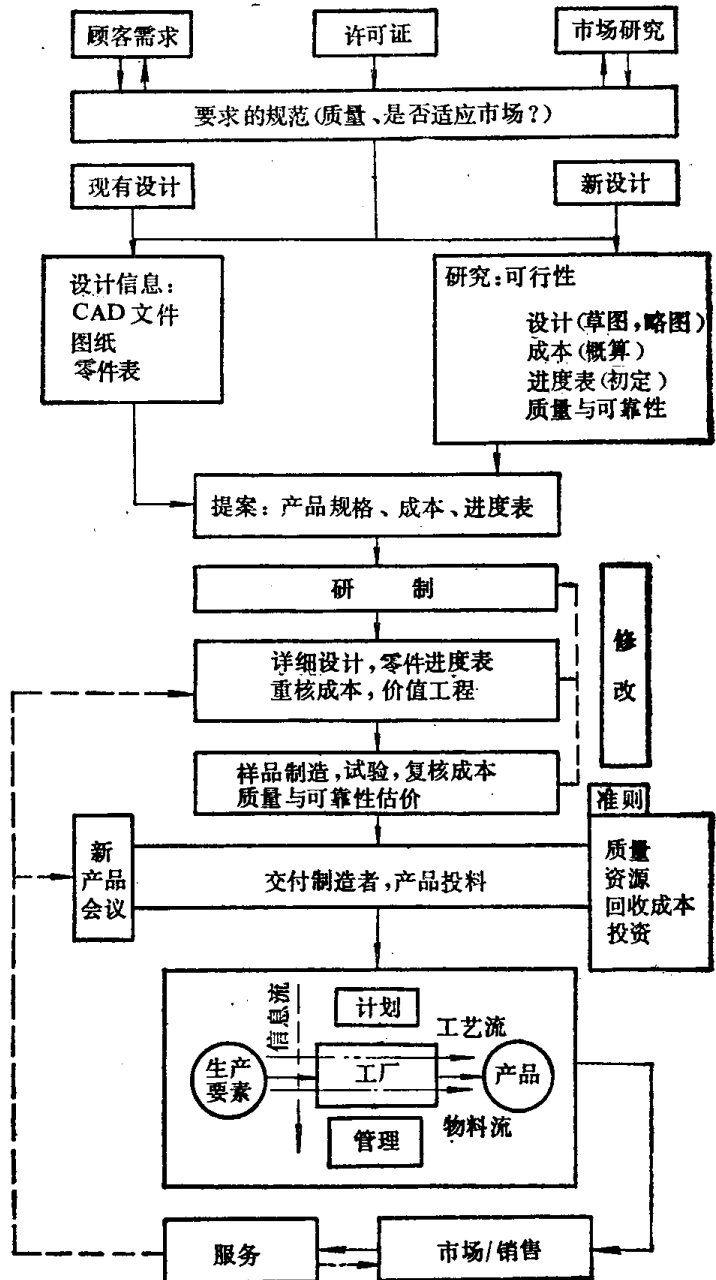


图1-5 产品更新过程

三部分组成的，即工艺流程系统、物料流程系统和信息流程系统。

工艺流程系统主要指切削成形，以及其它改变零件的几何形状和物理性能的方法、装配等。

物料流程系统主要指物料的搬运、存贮等。

信息流程系统主要指测试、成本控制、切削用量选用、管理等信息流。

目前的发展水平是，工艺流程系统近期内不会有更大的突破，仍将以传统的加工方法为主；物料流程系统在制造系统中的作用愈来愈大，工业机器人将逐步增多，用以完成物料的搬运功能；信息流程系统将迅速发展，特别是计算机控制技术将深入应用各个信息领域。

日本的汽车工业处于国际领先地位。在其汽车制造企业中，使用了具有中等水平的工艺流程系统，高水平的物料流程系统，低等水平的信息流程系统。因为汽车生产工业属于大批大量生产工业部门，管理方面的信息并不复杂，没有必要采用太高级系统（指计算机管理水平而言），而在工件或半成品的搬运、存储方面却比较复杂，需要有众多的工业机器人，故物料流程系统的水平就较高。

因此，在组织制造系统时，应针对被生产的对象而采取不同的流程系统，不必要一味盲目地追求高水平的流程系统。

多品种小批量生产型式，意味着生产的产品需不断更新。在市场竞争激烈的条件下，对于一个工业企业来讲，其口号应为“要么更新，要么倒闭”。产品更新的情况及过程可由图 1-5 表示，图中虚线表示反馈信息。

产品更新的依据，除顾客需求、市场畅销外，还需要获得生产的许可证。所谓许可证，包含证明所生产的产品未侵犯别人的专利权，所生产的产品不会对国计民生、对社会、对人类生态平衡等方面带来灾难等等。产品的更新过程，还要立足于已有的基础与条件，开展研制活动，进行经济核算，通过样品制造、试验，再备料投入正式制造计划，通过用户服务，听取反馈信息，再修改有关设计使之更加完善。据调查统计，在世界市场上，每年约有 3 万种新产品，只有其中的一小部分能获得成功。

§ 1-2 生产组织类型

由于零件机械加工的工艺规程与其所采用的生产组织类型是密切相关的，所以在制订零件的机械加工工艺规程时，应首先确定零件机械加工的生产组织类型。而生产组织类型又主要是与零件的年生产纲领有关的。

一、生产纲领的计算

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。

生产纲领中应计入备品和废品的数量。产品的生产纲领确定后，就可根据各零件在产品中的数量，供维修用的备品率和在整个加工过程中允许的总废品率来确定零件的生产纲领。在成批生产中，当零件的生产纲领确定后，就要根据车间具体情况按一定期限分批投产。一次投入或产出的同一产品（或零件）的数量，称为生产批量。

零件在计划期为一年中的生产纲领 N 可按下式计算：

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

式中 N ——零件的年生产纲领， $[N]$ 为件；

Q——产品的年生产纲领，〔Q〕为台/年；
n——每台产品中所含零件的数量，〔n〕为件/台；
a %——备品的百分率；
b %——废品的百分率。

二、生产类型的工艺特点

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. 大量生产

大量生产是指在机床上长期地进行某种固定的工序。例如汽车、拖拉机、轴承、缝纫机、自行车的制造，通常是以大量生产的方式进行的。

2. 成批生产

表1-6 各种生产类型的生产纲领（单位为件）及工艺特点

生产类型 纲领及特点		单件生产	批量生产			大量生产
			小批	中批	大批	
产品类型	重型机械	<5	5~100	100~300	300~1000	>1000
	中型机械	<20	20~200	200~500	500~5000	>5000
	轻型机械	<100	100~500	500~5000	5000~50000	>50000
工艺特点	毛坯特点	自由锻造，木模手工造型，毛坯精度低，余量大		部分采用模锻，金属模造型，毛坯精度及余量中等	广泛采用模锻，机器造型等高效方法，毛坯精度高、余量小	
	机床设备及机床布置	通用机床按机群式排列，部分采用数控机床及柔性制造单元		通用机床及部分专用机床及高效自动机床，机床按零件类别分工段排列	广泛采用自动机床、专用机床，采用自动线或专用机床流水线排列	
	夹具及尺寸保证	通用夹具，标准附件或组合夹具，划线试切保证尺寸		通用夹具，专用或成组夹具，定程法保证尺寸	高效专用夹具，定程及自动测量控制尺寸	
	刀具、量具	通用刀具，标准量具		专用或标准刀具、量具	专用刀具、量具，自动测量	
	零件的互换性	配对制造，互换性低，多采用钳工修配		多数互换，部分试配或修配	全部互换，高精度偶件采用分组装配，配磨	
	工艺文件的要求	编制简单的工艺过程卡片		编制详细的工艺规程及关键工序的工序卡片	编制详细的工艺规程，工序卡片，调整卡片	
	生产率	用传统加工方法，生产率低，用数控机床可提高生产率		中等	高	
	成本	较高		中等	低	
	发展趋势	采用成组工艺，数控机床，加工中心及柔性制造单元		采用成组工艺，用柔性制造系统或柔性自动线	用计算机控制的自动化制造系统、车间或无人工厂，实现自适应控制	

成批生产是在一年中分批地生产相同的零件,生产呈周期性的重复。每批生产相同零件的数量、即生产批量的大小要根据具体生产条件来决定。成批生产又可分为小批、中批、大批生产三种类型。通用机床(一般的车、铣、刨、钻、磨床)的制造往往属于这种生产类型。

3. 单件生产

单件生产是指单个或少数几个地生产不同结构、尺寸的产品,很少重复。例如,重型机器、大型船舶制造及新产品试制等常属于这种生产类型。

表 1-6 示出了生产类型与生产纲领的关系,同时与产品大小和复杂程度有关,也列出了各类生产类型的主要工艺特点。

三、生产类型和生产组织形式的确定

在计算出零件的生产纲领以后,可参考表 1-6 所提出的规范,确定相应的生产类型。生产类型确定以后,就可确定相应的生产组织形式,即在大量生产时采用自动线、在成批生产时采用流水线、在单件小批生产时采用机群式的生产组织形式。

从生产组织形式的有利点出发,希望提高生产纲领。为此,可按照零件的相似原理对零件进行相似性分析,再按照零件的相似程度将相似零件划分为零件组,从而扩大零件组的生产纲领,即按成组工艺组织生产。本书第六章将介绍成组工艺的详细内容。

另一方面,如前所指出的,由于市场情况的变动,国际竞争的激烈,要求零件更新换代频繁,生产柔性加大,于是出现了一种多品种小批量的生产类型。这种生产类型将逐渐成为企业的一种主要生产类型,即使生产纲领很大的大量生产类型,也常需要分批地变换产品形式,而构成了多品种小批量生产类型。为适应这种生产类型,数控加工方法、柔性制造系统、计算机集成制造系统等现代化的生产方式获得了迅速发展。

§ 1-3 基 准

零件是由若干几何表面组成的,它们之间有一定的相互角度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要求。零件表面间各种角度和距离相互依赖的几何关系,就引出了基准概念。

基准是用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面。

基准按它在不同情况下的作用可分为设计基准和工艺基准,如图 1-6 所示。

一、设计基准

设计基准是设计图样上所采用的基准。即标注设计尺寸的起点。例如图 1-6 a 所示一个短阶梯轴的零件图中,表面 I、II、III 的设计尺寸 d 、 D 、 C 的设计基准即为其中心线。

二、工艺基准

工艺基准是在工艺过程中所采用的基准。工艺基准按它的用途不同又可分为工序基准、定位基准、测量基准和装配基准。

1. 工序基准

工序基准是在工序图上用来确定本工序所加工表面加工后的尺寸、形状、位置的基准。它是某一工序所要达到的加工尺寸(即工序尺寸)的起点。

2. 定位基准

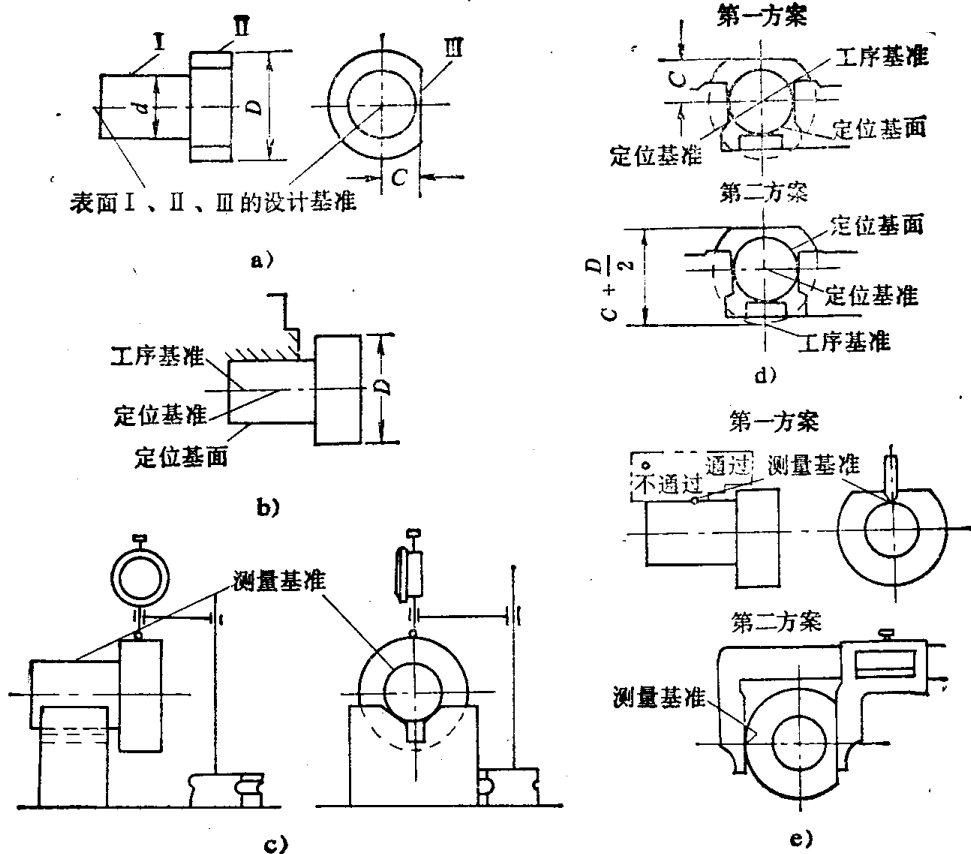


图1-6 基准

a) 零件简图 b) 表面Ⅱ加工中的装夹示意图 c) 检验表面Ⅱ的位置简图
d) 表面Ⅲ加工中的装夹示意图 e) 检验表面Ⅲ的位置简图

在加工中用作定位的基准称为定位基准。它是某工序直接达到的加工尺寸的起点。

3. 测量基准

测量时所采用的基准即测量基准。

4. 装配基准

装配基准是装配时用来确定零件或部件在产品中的相对位置所采用的基准。

图 1-6 b 所示, 表示用三爪卡盘夹持工件, 车削大端直径 D (即表面 II) 的示意图, 在本工序中, D 为工序尺寸, 由定义可知, 工件中心线既为该工序的工序基准, 又为定位基准, 即这两个基准重合, 且与设计基准也重合, 这时工序尺寸 D 是直接由本工序得到的。图 1-6 d 所示的第二加工方案中, 在加工表面 III 的工序中, 工序基准与定位基准不重合, 这时工序尺寸 $(C + D/2)$ 不是直接由本工序得到的, 即加工表面的工序尺寸的起点不是定位基准。

在分析基准问题, 特别是工艺基准问题时, 有几点值得注意:

(1) 作为基准的点、线、面在工件上不一定能具体找到, 而是由某些具体表面来体现, 这些表面就可称为基面。例如, 图 1-7 为一个齿轮的零件图, 齿轮的外圆表面 $\phi 50 h8$ 的基准为齿轮的中心线, 但中心线并不具体存在, 所以这个基准是由齿轮中心的内孔表面来体现的, 故内孔表面即为一基面。同理, 在图 1-6 b 和 d 中, 短阶梯轴的外圆表面是实际定位表面 (基面), 而它所体现的定位基准是这根

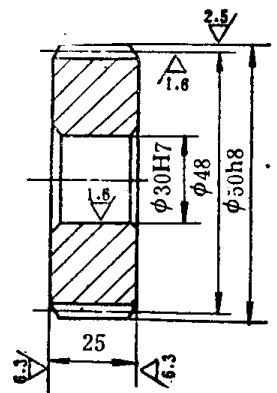


图1-7 齿轮