

王信义 计志孝 王润田 张建民 编

# 机械制造工艺学



● 北京理工大学出版社

● JIXIE ZHIZAO GONGYI XUE

# 机械制造工艺学

王信义 计志孝 编  
王润田 张建民

北京理工大学出版社

## 内 容 简 介

本书系高等工科院校机械制造工艺及设备专业的教材。书中叙述了机械制造工艺的基本原理,分析了零件的加工精度、表面质量及提高生产率和降低成本的途径,阐述了零件制造工艺规程的设计原理、机械装配工艺原理及夹具设计原理。此外,还介绍了轴、套筒、箱体及齿轮等典型零件的制造工艺,以及电火花加工、电解加工、激光加工、电子束加工等特种工艺。

本书可作为高等院校“机械制造工艺学”课程的教材,也可供从事机械制造专业的科技人员参考。

## 机 械 制 造 工 艺 学

王信义 计志孝 编  
王润田 张建民

\*

北京理工大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
国防科工委印刷厂印刷

\*

787×1092毫米16开本 27.25 印张678千字  
1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷  
ISBN 7-81013-394-2/TH·41  
印数: 1—7500册 定价: 5.70元

# 前 言

本书系高等工科院校机械制造工艺与设备专业的教材之一，教学时数约为100学时。全书共四篇，第一篇是机械制造工艺的理论基础。该篇分七章，详细叙述了生产过程的基本概念，机械加工的精度，机械加工表面的位置精度，机械加工的表面质量，机械加工的生产率和经济性，零件制造工艺规程的设计原理及装配的基本原理等。第二篇介绍典型零件的加工工艺。该篇分四章，介绍轴类零件加工工艺，套筒类零件加工工艺，齿轮加工工艺，箱体类零件加工工艺等。第三篇论述机床夹具的设计原理。该篇分六章，介绍夹具设计概要，定位原理与定位元件，夹紧原理与夹紧装置，自动夹紧装置，夹具的对刀与定位，夹具设计的实例等。第四篇介绍特种加工工艺。该篇分三章，介绍电火花加工工艺，电解加工工艺，其它特种加工工艺如激光加工、电子束加工、超声波加工等。

在内容安排上，既注意到紧密结合我国目前的生产实际，重点介绍了常用的、传统的制造工艺方法，又考虑到机械制造技术现代化发展的要求，适当增加了数控加工、成组加工、计算机辅助工艺规程设计、柔性加工系统及计算机集成制造系统等新技术的基本知识。

在编写教材的过程中，力求作到理论联系实际，由浅入深，循序渐进，通俗易懂。注意到与先修课（金属工艺学、金属切削原理及刀具、金属切削机床设计、金属学及热处理、公差与技术测量等）的紧密衔接。

本书由王信义担任主编，参加编写的有计志孝（第一篇），张建民（第二篇），王润田（第三篇），王信义（第四篇）。

本书经清华大学王先逵教授审阅，提出了许多宝贵意见。本书在编写过程中着重参考了北京理工大学胡永生教授主编的“机械制造工艺学”，并参考了兄弟院校的有关教材及文献资料，在此，一并表示感谢。由于编者水平有限，书中有些内容可能有不妥之处，希望读者批评指正。

编者

1989年11月于北京理工大学

# 目 录

## 绪 论

§0-1	本课程的研究对象 .....	1
§0-2	本课程的内容和任务 .....	1
§0-3	本课程的建立和特点 .....	3

## 第一篇 机械制造工艺的理论基础

### 第一章 生产过程的基本概念

§1-1	生产过程和工艺过程 .....	4
§1-2	生产纲领和生产类型 .....	10

### 第二章 机械加工精度

§2-1	加工精度和加工误差 .....	13
§2-2	加工误差产生的原因 .....	14
§2-3	决定加工误差的方法 .....	16
§2-4	造成切削运动几何轨迹误差的因素 .....	20
§2-5	工艺系统受力变形产生的加工误差 .....	28
§2-6	工艺系统受热变形产生的加工误差 .....	40
§2-7	刀具磨损造成的加工误差 .....	49
§2-8	切削加工后出现的误差 .....	52
§2-9	加工总误差的分析计算 .....	55
§2-10	统计法研究加工误差 .....	56
§2-11	加工精度的综合分析 .....	66

### 第三章 机械加工中表面的位置精度

§3-1	工艺过程中零件的基准问题 .....	71
§3-2	定位误差 .....	74
§3-3	保证位置精度的方法 .....	79
§3-4	尺寸链原理和计算公式 .....	81
§3-5	工艺尺寸链 .....	87
§3-6	图表法决定工序尺寸 .....	93

### 第四章 机械加工表面质量

§4-1	概述 .....	98
§4-2	切削加工的表面粗糙度 .....	102
§4-3	磨削加工的表面粗糙度 .....	104
§4-4	光整加工的表面粗糙度 .....	106
§4-5	加工表面层的物理机械性质及其改善的工艺途径 .....	112
§4-6	表面强化工艺 .....	114
§4-7	机械加工中的振动 .....	116

### 第五章 机械加工的生产率与经济性

§5-1	零件制造实现高产和低消耗的意义与措施 .....	134
§5-2	提高生产率和经济性的工艺措施 .....	135
§5-3	零件制造工艺过程经济方案的选择 .....	140
§5-4	机械制造工艺过程的优化 .....	142
§5-5	机械制造工艺过程的机械化和自动化 .....	146
§5-6	数控加工技术 .....	150
§5-7	成组技术(GT)和柔性制造系统(FMS) .....	155
§5-8	计算机辅助制造(CAM)和计算机集成制造系统(CIMS) .....	166
<b>第六章</b>	<b>零件制造工艺规程设计原理</b>	
§6-1	零件制造工艺规程的格式和作用 .....	169
§6-2	零件制造工艺规程设计的内容和步骤 .....	172
§6-3	零件的结构工艺性 .....	173
§6-4	毛坯的选择方法 .....	176
§6-5	加工余量的决定方法和毛坯图 .....	180
§6-6	零件工艺规程设计中的几个主要问题 .....	184
§6-7	零件制造工艺路线的拟订方法 .....	189
§6-8	机床加工工序的设计 .....	196
§6-9	计算机辅助设计工艺规程 .....	198
<b>第七章</b>	<b>装配的基本原理</b>	
§7-1	装配过程的基本概念 .....	203
§7-2	保证产品装配精度的方法 .....	203
§7-3	零件结合的性质和方法 .....	212
§7-4	装配工艺规程设计 .....	215

## 第二篇 典型零件加工工艺

<b>第八章</b>	<b>轴类零件加工工艺</b>	
§8-1	概述 .....	220
§8-2	轴类零件加工工艺分析 .....	223
§8-3	轴类零件加工主要工序分析 .....	225
§8-4	丝杠加工工艺 .....	235
§8-5	曲轴加工工艺 .....	246
§8-6	轴类零件精度的检验 .....	251
<b>第九章</b>	<b>套筒类零件加工工艺</b>	
§9-1	概述 .....	253
§9-2	套筒类零件加工工艺过程分析 .....	254
<b>第十章</b>	<b>齿轮加工工艺</b>	
§10-1	概述 .....	260
§10-2	圆柱齿轮加工工艺过程及方法分析 .....	262
§10-3	圆柱齿轮加工误差的工艺分析 .....	275
§10-4	提高齿轮加工精度和生产率的方法 .....	283
<b>第十一章</b>	<b>箱体类零件加工工艺</b>	
§11-1	概述 .....	288
§11-2	箱体类零件加工工艺分析 .....	291

§11-3	箱体类零件的检验 .....	279
§11-4	箱体类零件的高效自动化加工 .....	299

### 第三篇 机床夹具设计

#### 第十二章 夹具设计概述

§12-1	机床夹具的定义 .....	304
§12-2	机床夹具的作用 .....	304
§12-3	夹具的结构和组成 .....	305

#### 第十三章 定位原理与定位元件

§13-1	工件的定位原理 .....	307
§13-2	定位误差 .....	310
§13-3	各种定位方法及定位元件 .....	312
§13-4	双孔定位及误差分析 .....	318

#### 第十四章 夹紧原理与夹紧装置

§14-1	夹紧概述 .....	324
§14-2	夹紧原理 .....	325
§14-3	夹紧装置 .....	329
§14-4	夹紧误差 .....	340

#### 第十五章 自动夹紧装置

§15-1	气动夹紧装置 .....	342
§15-2	液压及气-液压夹紧装置 .....	346
§15-3	其它夹紧装置 .....	350
§15-4	扩力机构 .....	352

#### 第十六章 夹具的其它装置和夹具体

§16-1	夹具的定位 .....	355
§16-2	夹具的对刀 .....	357
§16-3	导引误差 .....	359
§16-4	夹具的分度与转位 .....	361
§16-5	夹具体和联接件 .....	369

#### 第十七章 夹具的实例与设计过程

§17-1	各类机床夹具实例 .....	371
§17-2	专用机床夹具设计过程 .....	381
§17-3	夹具设计实例 .....	383

### 第四篇 特种加工工艺

#### 第十八章 电火花加工

§18-1	电火花加工原理 .....	388
§18-2	产生脉冲放电的方法 .....	389
§18-3	电火花加工的加工特性 .....	392
§18-4	低电极损耗电火花加工 .....	393
§18-5	电火花线切割加工 .....	395
§18-6	电火花加工的控制与加工技术 .....	397
§18-7	电火花加工的特点与应用 .....	399

## 第十九章 电解加工

§19-1	电解加工的基本原理	400
§19-2	电解加工的加工速度及电流效率	401
§19-3	电解加工的加工形状生成过程	402
§19-4	电解加工用的电解液	404
§19-5	工具电极的设计、制造及加工条件的控制	405
§19-6	电解加工的特点	407
§19-7	电解加工的应用	408
§19-8	电解磨削	409

## 第二十章 其它特种加工方法

§20-1	激光加工	412
§20-2	超声波加工	414
§20-3	电子束加工	415
§20-4	离子束加工	416
§20-5	电铸加工	417

## 附表

附表 1	孔加工精度	419
附表 2	圆柱形外表面的加工精度	420
附表 3	平面加工精度	420
附表 4	公制螺纹加工精度	421
附表 5	中心线平行的孔的相互位置精度	421
附表 6	中心线垂直的孔的相互位置精度	422
附表 7	各种机床上加工时几何形状的平均经济精度	422
附表 8	各种机械加工方法所能达到的零件表面粗糙度	423
附表 9	表面粗糙度与加工精度和配合之间的关系(轴)	425
附表 10	表面粗糙度与加工精度和配合之间的关系(孔)	425
附表 11	铸铁件及铸钢件机械加工余量(金属模)	426
附表 12	轴在粗车外圆后精车外圆的加工余量	426
附表 13	按照基孔制 IT7 级精度(H7)孔的加工工序间尺寸(mm)	427
附表 14	表面粗糙度 $R_a$ 与 $R_z$ 值的对应关系	428

● 考书目		428
-------	--	-----

# 绪 论

## §0-1 本课程的研究对象

各种机械产品都是由零件组成的。机械零件如轴、轴承、齿轮、凸轮、螺杆、壳体等，一般是用不同材料制成，并且有一定的结构形状，在产品中能起到规定的作用和满足使用要求。各种产品的用途及其零件的结构差别很大，但它们的制造工艺却有许多共同之处。

任何一种产品都是用组成这一产品的零件装配而成的，而得到这些零件则需应用各种不同的毛坯并经过机械加工。毛坯一般都是用各种热加工工艺获得的。即一种产品的生产过程大致都可分为毛坯制造、零件加工和装配试验三个阶段。分析这三个阶段中的工艺问题可发现它们具有共同的规律性。

各种机械常用的毛坯是铸件、锻件、棒料，钣料、型材等，获得这些毛坯的工艺为铸造、锻造、焊接、压力加工等热加工工艺。其中铸造、锻造工艺可获得成形毛坯，它具有零件的雏形，而零件的最后形状和技术要求一般是在机械加工阶段获得的。

零件的制造过程视所采用的毛坯和零件的结构要求而异。由铸件、锻件、棒料等制造零件的过程，是以切削加工方法为主，一般称为机械加工过程；由钣料、条料、型材等制造零件的过程，以材料的塑性变形为主，一般称为冷冲压加工过程；另外还有塑料零件的压制过程和其它一些特种加工工艺过程。在这些制造过程中机械加工是获得零件复杂形状和高精度要求的主要手段。加工后的零件大多需经过热处理和表面处理，最后进入装配，并进行产品的性能试验，以确保质量。

机械制造工艺学研究的对象主要是机械生产过程中零件的制造工艺问题。本课程是在学完金属工艺学、金属切削原理及刀具、机械零件设计、机床设计、金属学及热处理、公差与技术测量等课程的基础上，综合地研究毛坯加工成零件的工艺过程和工艺方法的基本理论，以便正确制订工艺规程，选择工艺方法、设备和设计工艺装备（工、夹、量具），解决生产中出现的各项工艺问题，并不断改进生产过程。

## §0-2 本课程的内容和任务

对于任何零件的制造工艺过程最基本的要求有两个方面，一是满足零件从使用观点所提出的质量要求，即零件的形状、尺寸精度、表面质量，以及物理机械性能应满足设计所规定的技术要求；另外要求生产时消耗的物质和劳动量最少，即生产率高，成本低。处理这两者的原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，降低生产成本。简言之，即是优质、高产、低消耗。保证零件加工质量、提高劳动生产率和经济性是设计或分析研究任何工艺过程最普遍的规律，正是在这些规律的基础上形成了本课程的整个体系。

规定机械零件需要的加工精度，这是设计人员的任务，而在一定生产率和成本下达到加工精度要求就成为工艺人员的主要任务。提高加工精度在生产过程各阶段都有重要意义。例

如提高毛坯的制造精度可以减少机械加工工作量；而提高机械加工精度可提高零件的互换性，进而可减少装配工作量。保证零件的加工精度就必须研究造成加工误差的各种工艺因素，以便采取措施保证设备和工艺装备在达到规定加工精度时工作的稳定性和可靠性。

关于零件的加工质量将分成加工精度、位置精度和表面质量三部分来进行研究。其中的重点是加工误差的分析计算法和统计法，工艺系统的刚度和热变形，基准，工艺尺寸链以及振动问题。

机械制造的发展不仅标志机械结构的改进，同时也由生产工艺的不断完善来体现。在规定时间内消耗最少的物化劳动、降低生产成本，则必须采用高生产率的设备、工艺装备，并实现生产过程的机械化和自动化。数控加工技术、柔性制造系统、计算机辅助制造、计算机集成制造系统是多品种、小批量、生产自动化的有效方法。生产成本分析是保证低消耗的必要手段。

机械结构的工艺性与现代技术水平、生产的可能性和方便性、制造的经济性等有关。改善结构工艺性，则在相同生产条件下可提高产量并降低成本。

工艺学主要任务之一是研究如何制订零件制造的工艺规程。其中主要问题有加工方法的选择、余量及工序尺寸的计算、工序的集中和分散、以及工序顺序的编制等。研究这些规律是合理设计工艺过程的基础，同时为用计算机进行辅助设计、减少工艺人员的劳动量及缩短生产准备周期创造条件。

对产品的装配工艺，本书只论述装配工艺的一般原理，包括保证装配精度的方法、零件的连接方式及装配工艺规程的编制等。

为了加深理解工艺规程设计的基本原理，本课程讲述了几类典型零件的制造工艺。在不同的生产条件下，为了综合解决零件制造的质量、生产率和经济性问题，同一零件可通过不同的工艺过程来制造，对此只分析常用的工艺过程、加工方法和工艺装备等。

夹具是保证产品质量、提高劳动生产率及减轻工人劳动强度的重要工艺装备。本书简明扼要地叙述了机床夹具的定位、夹紧原理、定位件与夹紧机构的设计原则，以及各种典型夹具的结构、设计方法等。

随着科学技术的飞速发展，很多具有高熔点、高强度、高硬度、高脆性等特殊性能的材料不断涌现，具有特殊结构的零件愈来愈多，形状越来越复杂，精度及表面质量要求也相应提高。要解决这些问题，仅靠传统的切削加工和磨削加工是很困难的，甚至是不可能的，这就需要采用一些特殊的加工方法。本书概略地介绍了电火花加工、电解加工、激光加工、电子束加工、离子束加工等特种加工的原理、特点和应用范围等。

本课程的具体任务是：

1. 使学生了解零件制造工艺的基本理论，初步掌握分析研究工艺过程优质、高产、低消耗的规律。
2. 掌握制订机械零件工艺规程的基本原则和具体方法。
3. 了解装配工艺的一般规律。
4. 启发学生从工艺的现有水平和发展方向出发，不断改进产品结构，革新工艺，进行创造性的工艺工作。

### §0-3 本课程的建立和特点

机械制造工艺学是研究机械制造过程的一门科学，因此课程的建立及其发展与机械制造工业的发展有密切的关系。课程中所讲述的工艺的概念、理论、方法等都是来自生产和工艺科研的实践。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。我国的机械制造工艺水平与先进国家相比还有较大的差距，表现在如加工精度低、生产劳动量大、成本高、生产的机械化及自动化程度低、新产品生产准备周期长等。因此大力进行工艺研究，提高工艺水平仍是迫切的繁重任务。

机械制造工艺学是机械制造专业学生的一门主要专业课程，学习时需要应用加工方法、机床、工具、测量等方面的知识来研究错综复杂的零件生产工艺问题，这是一门综合性的实用技术学科。

由本课程的性质决定了它的内容比较庞杂，知识面广，并随着生产的发展还在不断的变化。还应说明的是工艺过程和工艺方法的一些原则、原理是以文字叙述居多，有不少问题还难于用数学工具揭示其严密的关系。

学习本课程时应具有先修课程给出的一般的机械加工基础知识，并应具有一定的机床操作经验和工厂的生产知识（即经过下机械制造工厂的认识实习），这样对本课程所提出的各种问题才易于理解接受。

根据本课程性质和内容方面的特点，在学习这门课程时一方面要善于联系生产实际，正确理解有关内容；另一方面又要善于应用基础课程特别是工艺方面基础课程的知识来分析工艺问题，这样才能深入掌握有关内容。此外工艺理论和工艺方法在应用时灵活性很大，因此必须实事求是，根据具体情况作出具体分析，才能把有关理论和方法正确地应用于生产中。最后应指出的是在学习完本课程的工艺知识后应经过工艺实习以及课程设计，使所学的知识得到巩固和提高，为今后在实际工作中解决工艺问题奠定更好的基础。

# 第一篇 机械制造工艺的理论基础

## 第一章 生产过程的基本概念

### §1-1 生产过程和工艺过程

#### 1. 生产过程和生产系统

(1) **生产过程** 就广义而言,生产过程是指将自然资源经过人们的劳动,生产出有用产品的整个过程。所以任何机械产品的生产过程可理解为从采矿开始,经冶炼、浇铸、辗压、零件加工,直到装配试验的全过程。上述过程涉及一个庞大的生产系统,为提高其生产率和经济性,需采用各种专业化生产。机械制造工厂的生产过程是指将原材料和半成品生产成机械产品的全过程。在生产过程中,主要的过程是直接改变工件形状和尺寸的加工过程,另外也包括各种辅助生产过程,如技术准备、检验、运输、保管、包装等。机械制造工厂的生产过程,应由各个车间去完成,由此又构成了各车间的生产过程;一个车间生产的成品,往往又是其它车间的原材料。一个机械制造工厂通常都设有铸工、锻工、焊接、冲压、机械加工、热处理、表面处理和装配等车间,由它们分别完成有关的生产工作。

#### (2) 生产系统

① **系统的概念**。系统是指事物由数个相互作用和互相依赖的部分组成的有机整体,并具有特定的功能。一个系统至少应由两个要素组合而成,这些要素是相互联系和相互作用的,并具有整体的目的性,还具有适应其所处环境变化的能力。即:要成为一个系统,必须具备集合性、相关性、目的性和环境适应性等四个属性。

系统中“整体”思想是系统概念的核心。研究系统问题时,必须明确整体的目的性,对于各要素都不能离开整体去研究它,各要素应相互协调才能最有效地达到整体目的。

② **机械加工工艺系统**。机械加工工艺系统由金属切削机床、刀具、夹具和工件四个要素组成,各要素彼此关联、互相影响。

该系统的整体目的是在特定的生产条件下,适应环境要求,在保证加工工序质量和产量前提下,采用合理的工艺过程,并应尽量降低工序的加工成本。因此必须从整体出发,分析和研究各种有关问题,才能实现系统的工艺最佳方案。

随着计算机和自动控制、检测等技术引入机械加工领域,出现了数字控制和适应控制等新型的控制系统。

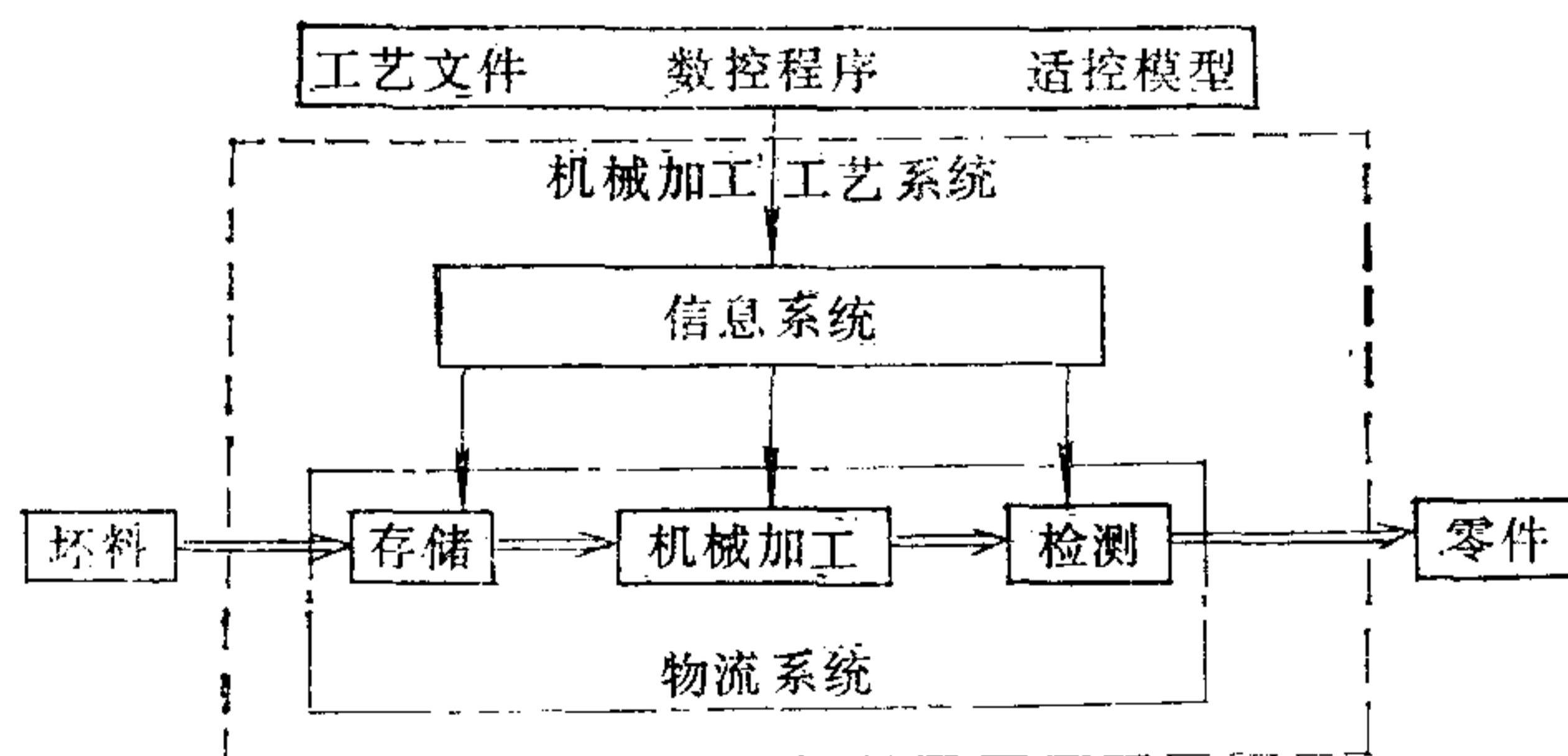


图1-1 机械加工工艺系统框图

要实现系统最佳化,不能只考虑毛坯的各工序加工、存储和

检测的物质流动过程（称为“物质流”），还必须充分重视并合理编制包括工艺文件、数控程序和适应控制模型等控制物质系统工作的信息流（称为“信息流”）。

如果以一个零件的机械加工工艺流程作为高一级的系统来分析，则该系统的要素就是组成工艺过程的各工序。必须全面协调各工序有关的工艺参数，才能实现零件机械加工的最佳化。图1-1所示为机械加工系统框图。

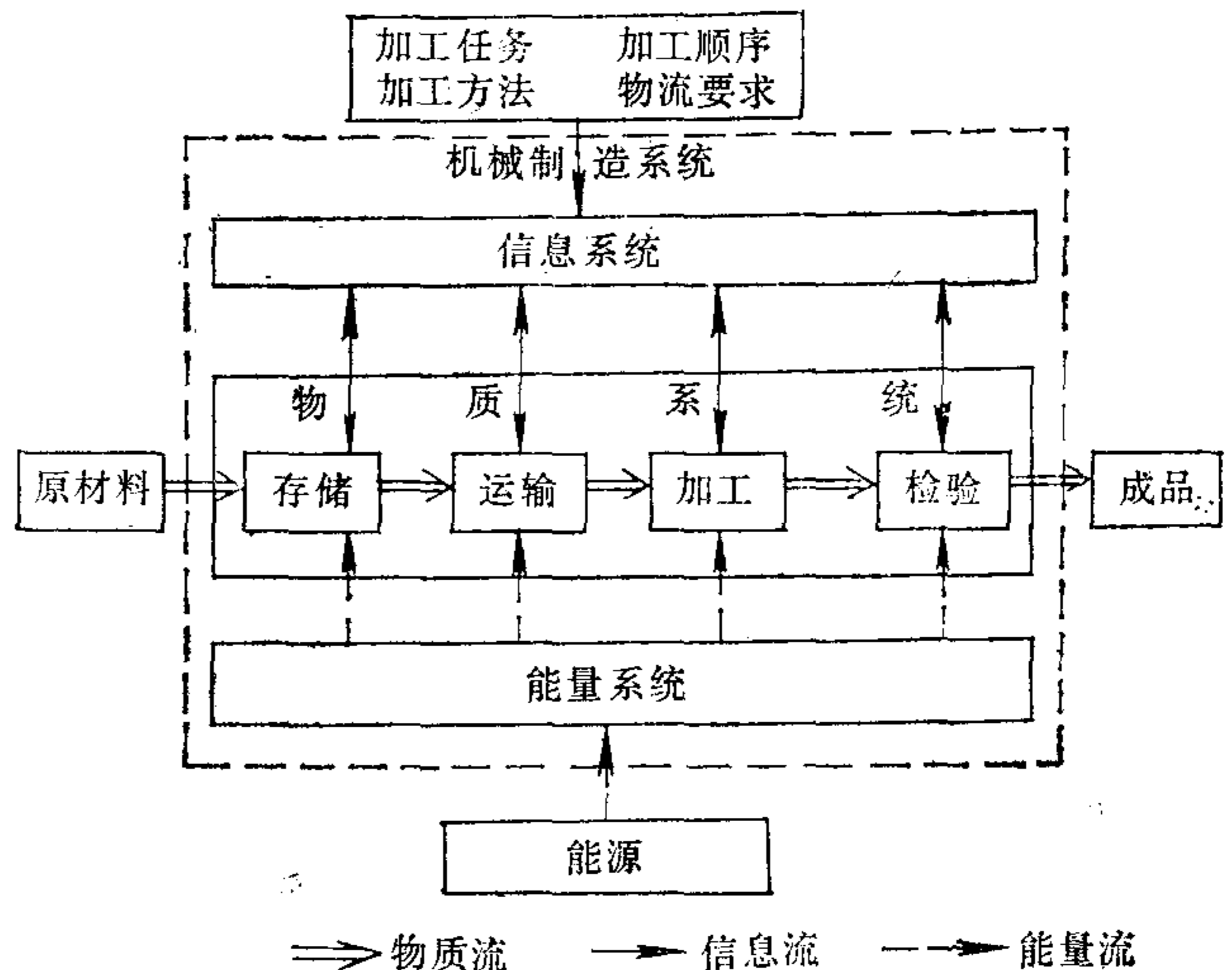


图1-2 机械制造系统框图

对于一个机械制造厂来说，除机械加工外，还配有铸造、锻造、焊接、冲压、热处理、表面处理和装配等工艺，这些工艺过程又可形成各自的工艺系统。

③ 机械制造系统。如果以整个机械加工车间为更高一级的系统来考虑，则该系统的整体目的就是使该车间能最有效地全面完成全部零件的机械加工任务。

机械加工中，将毛坯、刀具、夹具、量具和其它辅助物料作为“原材料”输入机械制造系统，经过存储、运输、加工、检测等环节，最后作为机械加工后的成品输出，形成“物质流”。由加工任务、加工顺序、加工方法、物流要求等确定的计划、调度、管理等属于“信息”的范畴而形成“信息流”。另外机械制造系统中能量的消耗及其流程则被称为“能量流”。图1-2所示为机械制造系统框图。

④ 生产系统。如果以整个机械制造工厂为整体，为了实现最有效地经营管理，以获得最高的经济效益，则不仅要把原材料、毛坯制造、机械加工、热处理、装配、油漆、试车、包装、运输和保管等属于“物质”范畴的因素作为要素来考虑，而且还必须把技术情报、经营管理、劳动力调配、资源和能源利用、环境保护、市场动态、经济政策、社会问题和国际因素等信息作为影响系统效果更为重要的要素来考虑。

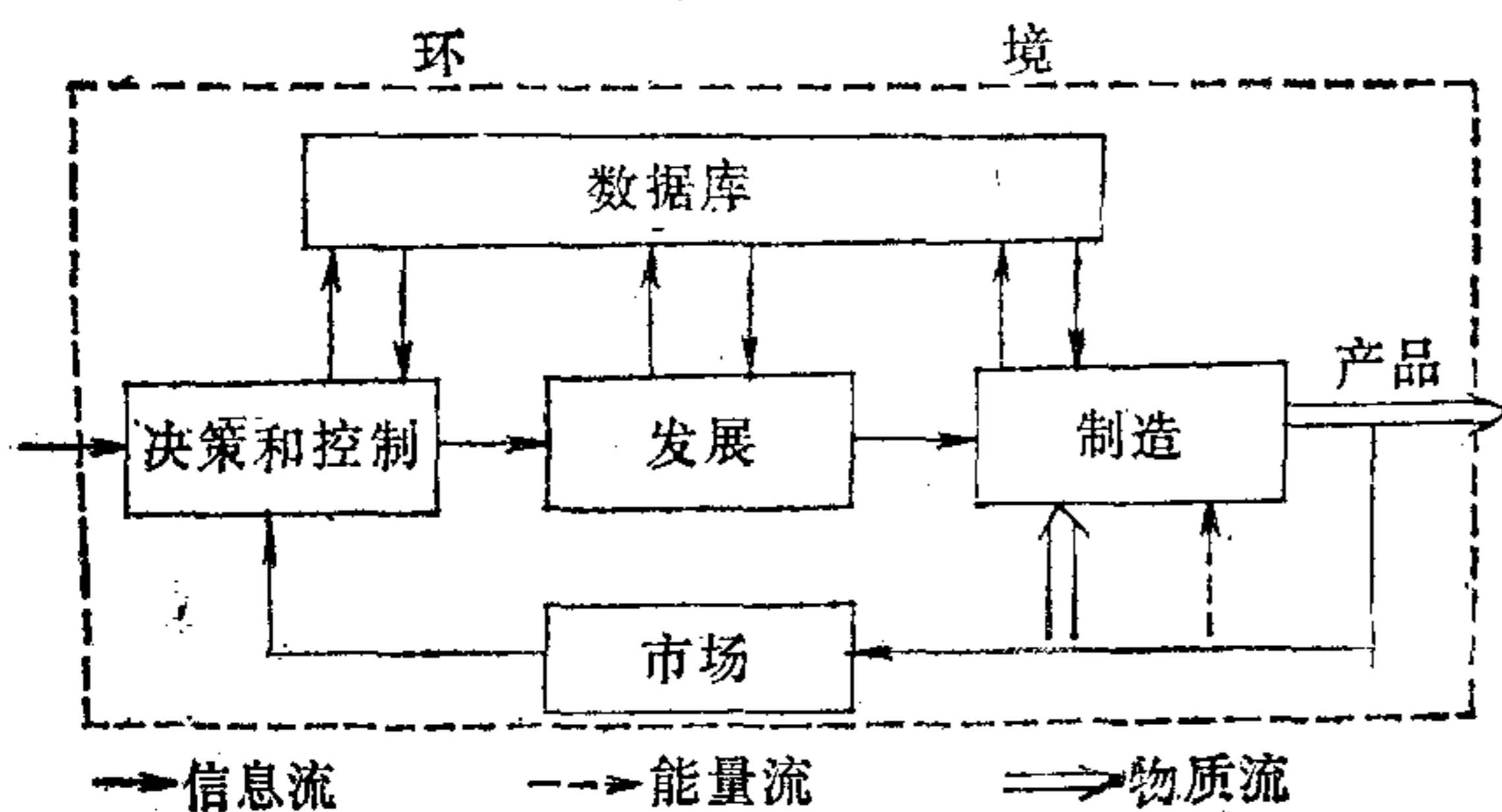


图1-3 生产系统的基本框图

工厂是社会生产的基层单位，在社会主义国家里，工厂应根据国家的生产计划、市场供销情况以及自身的生产条件，决定自己生产的产品类型和产量，制订生产计划，进行产品设计、制造和装配等，最后输出产品。所有这些生产活动的总和，用系统的观点来看，就是一个具有输入和输出的生产系统。图1-3为生产系统的基本框图。

整个生产过程可分为三个阶段：

**决策和控制阶段** 厂部决策由厂部领导根据国家和上级下达的任务、经济政策、资源和能源情况、环境保护条例作出生产动机、必要的设想，利用技术知识、经验以及市场动态，

并参考数据库中的有关信息情报资料，制订出工厂生产产品类型和产量，同时对生产过程进行指挥和控制。

**产品设计和发展阶段** 工厂各部门（机械加工、热加工和装配等）的技术人员根据各产品的产量，并参考数据库中的有关技术情报资料，作好产品设计、新产品开发和工艺准备等工作。

**产品制造阶段** 工厂从外部输入能源和材料进行加工、装配、油漆、包装直至产品输出投放市场满足用户需要。

全面地理解机械制造厂生产系统中的各个子系统在整个生产系统中的地位，各阶段都需要与数据库交换必要的信息，经过各阶段的生产活动，系统最后输出所生产的产品。产品输出后，应及时地将产品在市场上的竞争能力、质量评价、改进要求等信息反馈到决策机构，以便决策机构及时地对生产作出新决定。生产系统框图如图1-4所示。

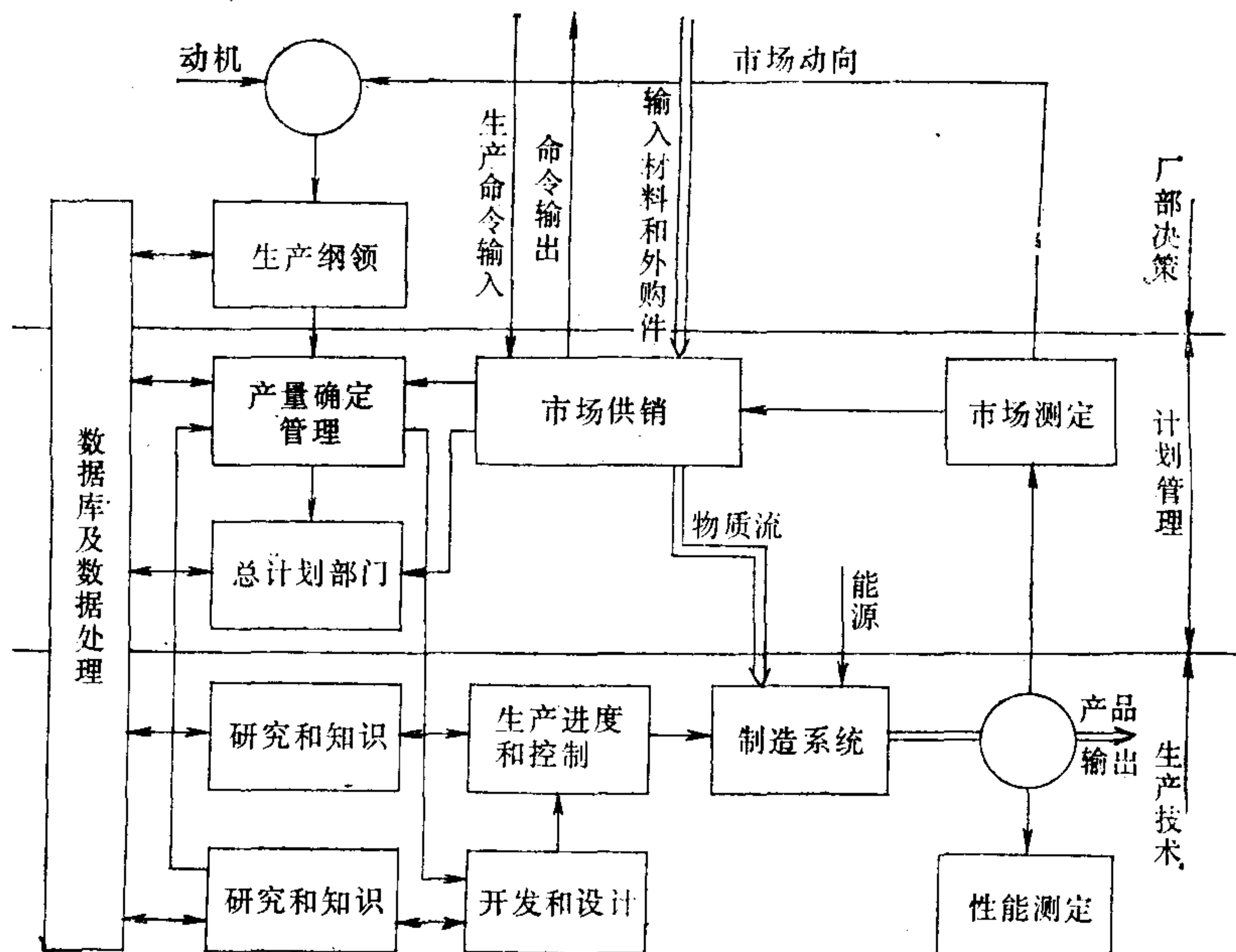


图1-4 生产系统框图

## 2. 工艺过程和工艺规程

在各车间的生产过程中，不仅包括直接改变工件的形状、尺寸、物理机械性质（主要是指热处理），以及决定零件相互位置关系（指装配）的主要过程，还包括运输、保管、磨刀、设备维修等辅助过程。

在工厂生产过程中，按一定顺序直接改变生产对象的形状尺寸、物理机械性质，以及决定零件相互位置关系的过程统称为机械制造工艺过程，或简称为工艺过程，因此工艺过程是生产过程中的主要部分。工艺过程可分为铸造、锻压、焊接、机械加工、热处理、表面处理和装配等过程。本课程主要研究零件机械加工过程中的基本原理和所采用的工艺方法。

机械加工工艺过程在一般机械产品的整个制造工艺过程中占重要地位，它是指用机械加工方法（主要是切削加工方法）逐步改变毛坯的形态（形状、尺寸以及表面质量），使其成为合格零件所进行的全部过程。

零件依次通过全部加工的过程称为工艺路线或工艺流程。工艺路线是制订工艺过程和进

行车间分工的重要依据。

工艺规程是按工艺过程的各项内容编写成的工艺文件。工艺过程可以是各种各样的，但在特定条件下总是有一个最为合理的，通常是把合理的工艺过程以文件形式规定下来（即工艺规程）。

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，所有有关人员必须严格按照工艺规程办事。随着科学技术的进步，生产技术的不断发展，对工艺规程应当进行修订，但修订时必须经过充分的工艺试验和一定的审批手续。

### 3. 工艺过程的组成和基本要求

为完成零件的机械加工工艺过程，在车间内必须划分相应的工作地点（在该处安装机床、工具箱、成品柜等），由一个工人或一组工人在该处完成有关的工作。一个零件的工艺过程通常需经过若干个工作地点才能完成。一方面是由于机床工艺性能的限制，零件的整个形状往往不能由一台机床加工出来；另一方面是从经济观点出发，这样可以合理地选用机床、工具，以及适应工人的技术熟练程度等。

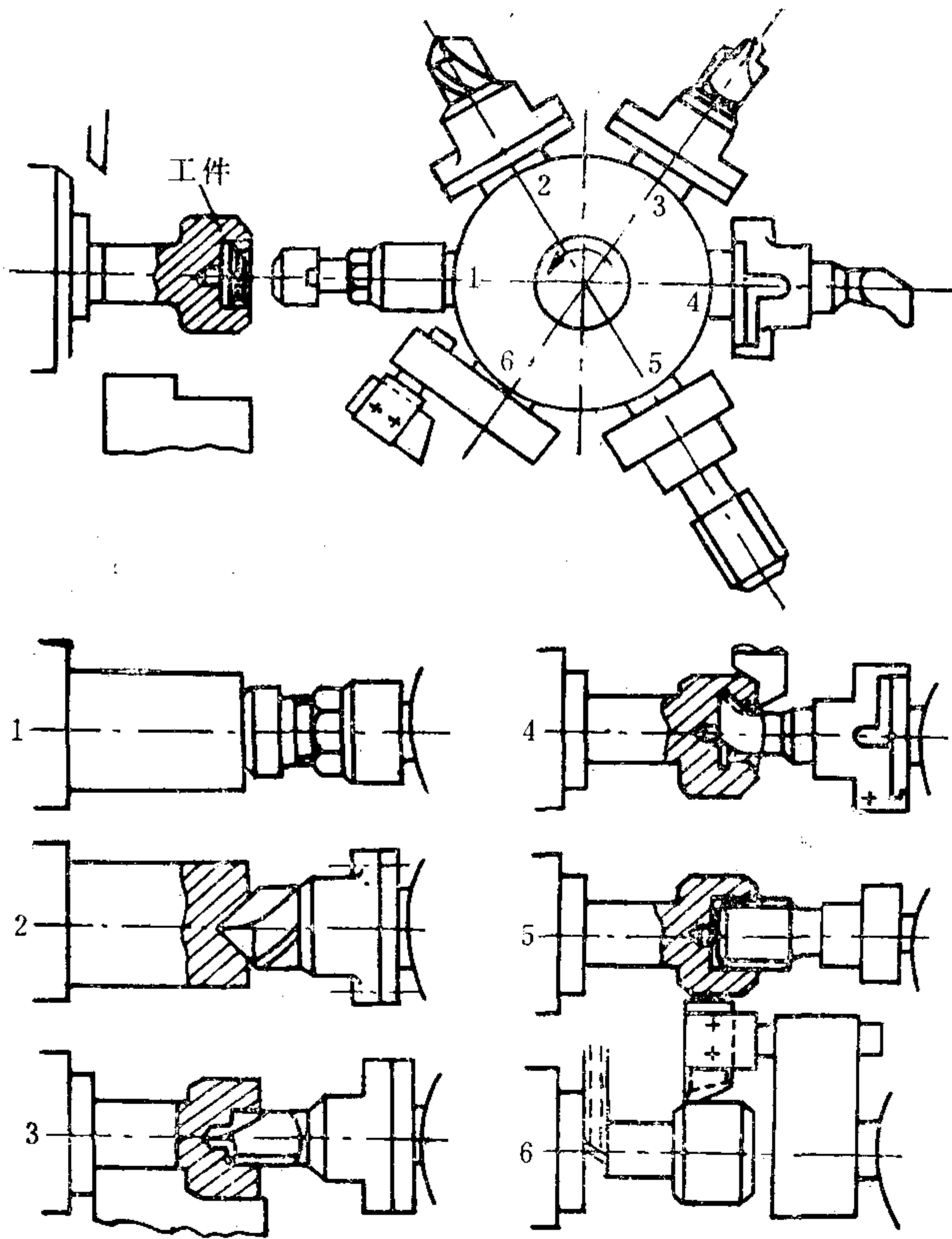


图1-6 六角自动车床的不同工步

这批工件的粗车，然后再对这批工件进行精车，虽然其它条件不变，但就变成了两道工序。

**工步** 一道工序（一次安装或一个工位）中，可能需要加工零件的若干个表面，也可能

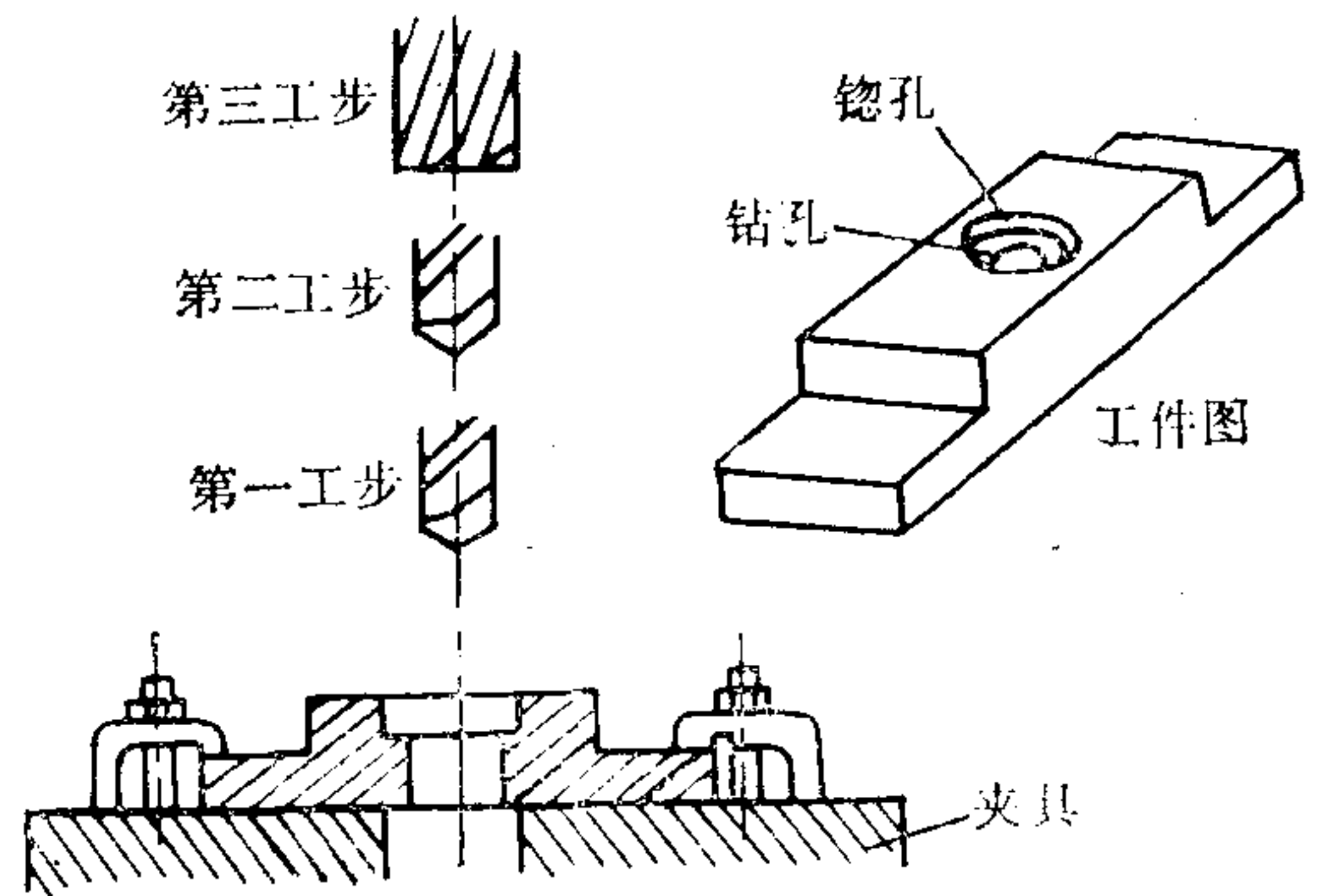


图1-5 基体零件的孔加工工序

一方面是由于机床工艺性能的限制，零件的整个形状往往不能由一台机床加工出来；另一方面是从经济观点出发，这样可以合理地选用机床、工具，以及适应工人的技术熟练程度等。

#### (1) 工艺过程的组成

##### ① 工序、工步和走刀

**工序** 一个或一组工人在一个工作地点，对一个或同时对几个工件所连续完成的那部分工艺过程即工序。当加工对象（工件）更换时，或设备和工作地点改变时，或完成工艺工作的连续性有改变时，则形成另一道工序。这里所谓连续性是指工序内的工作需连续完成。例如一批轴的加工，它的外圆表面的粗车与精车连续进行则为一道工序；如果一个圆轴先粗车，然后掉头另一次装夹再精车，则为另一道工序；如果生产量大，可先完成这

虽只加工一个表面，但却要用若干把不同刀具，或虽用一把刀具，但却要用若干种不同切削用量分作若干次加工。在加工表面、切削刀具和切削用量（仅指转速和进给量）都不变的情况下所完成的那部分工艺过程，称为一个工步。

图1-5所示为基体零件的孔加工工序，它由钻、扩、铰三个工步组成。

对于六角自动车床的加工工序来说，六角头（或转塔）每转换一个位置，一般是改变了切削刀具、加工表面以及机床的主轴转速和走刀量，这样就构成了不同的工步，如图1-6所示。

有时，为了提高生产效率，经常把几个待加工表面用几把刀具同时进行加工，这也看作是一个工步，并称为复合工步，如同1-7所示。

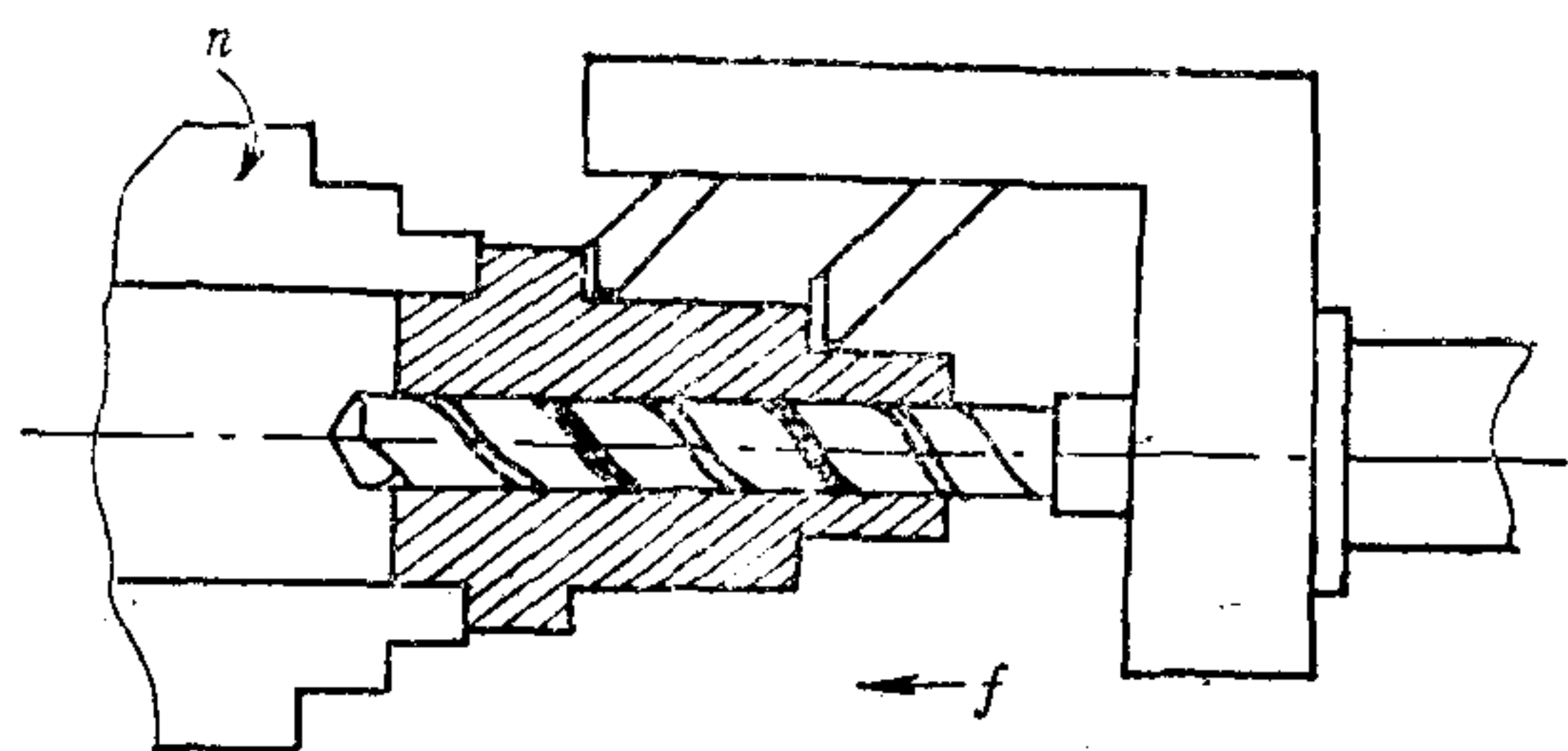


图1-7 复合工步

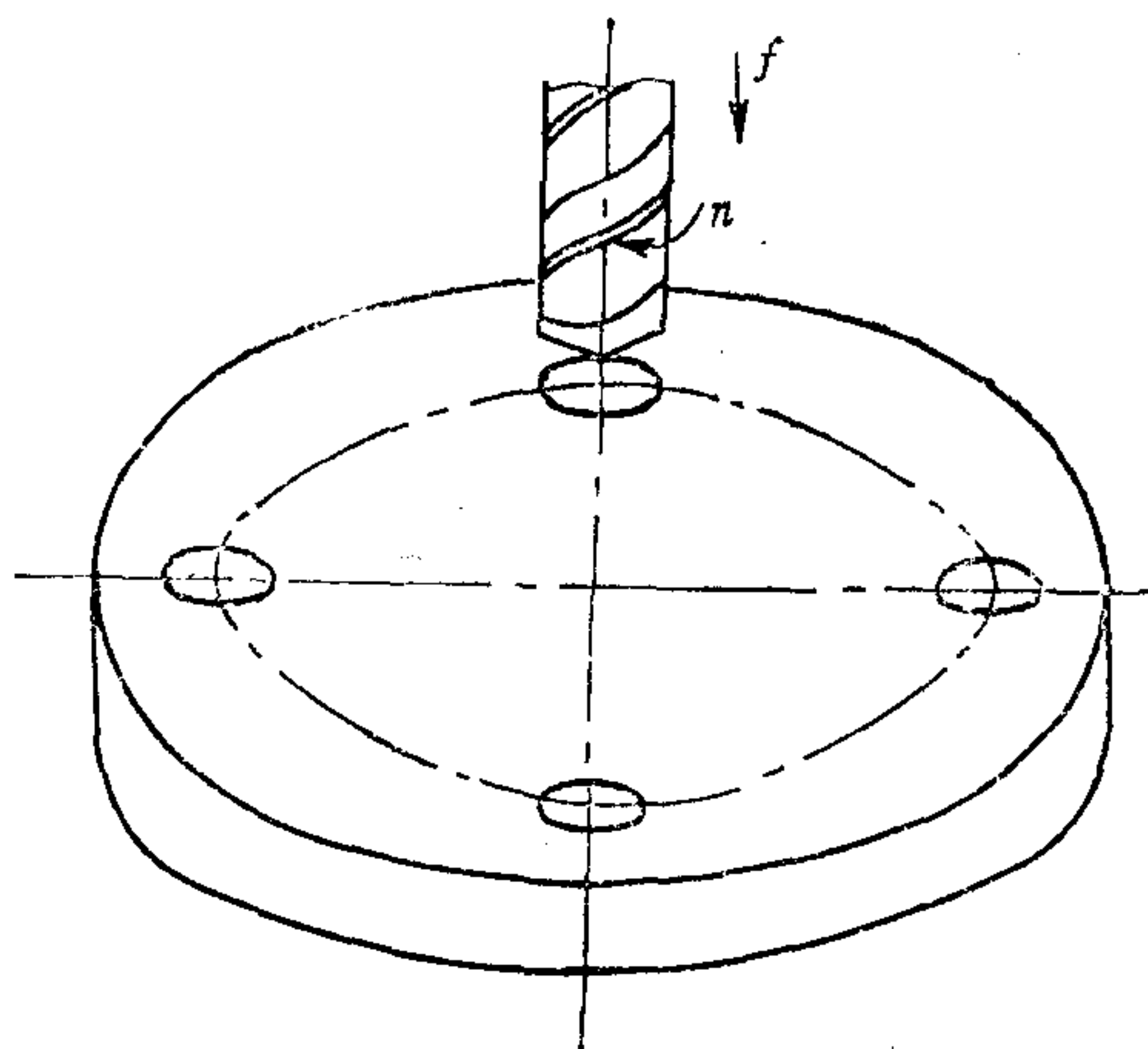


图1-8 钻削圆盘形工件上四个孔

如果零件上几个加工表面完全相同，如图1-8所示，所用刀具及切削用量亦不变，则为简化工艺，也写作一个工步。

**走刀** 有些工步由于加工余量较大或其它原因，需要同一把刀具及同一切削用量对同一表面进行多次切削。这样，刀具对工件的每一次切削就称为一次走刀。

## ② 安装和工位

**安装** 指在进行一道工序的加工时，将一个（或数个）工件固定在机床上的夹具内，或直接固定在机床工作台上的过程。各加工工序都有这一辅助过程，在某些工序中需安装几次，为的是加工不同表面。

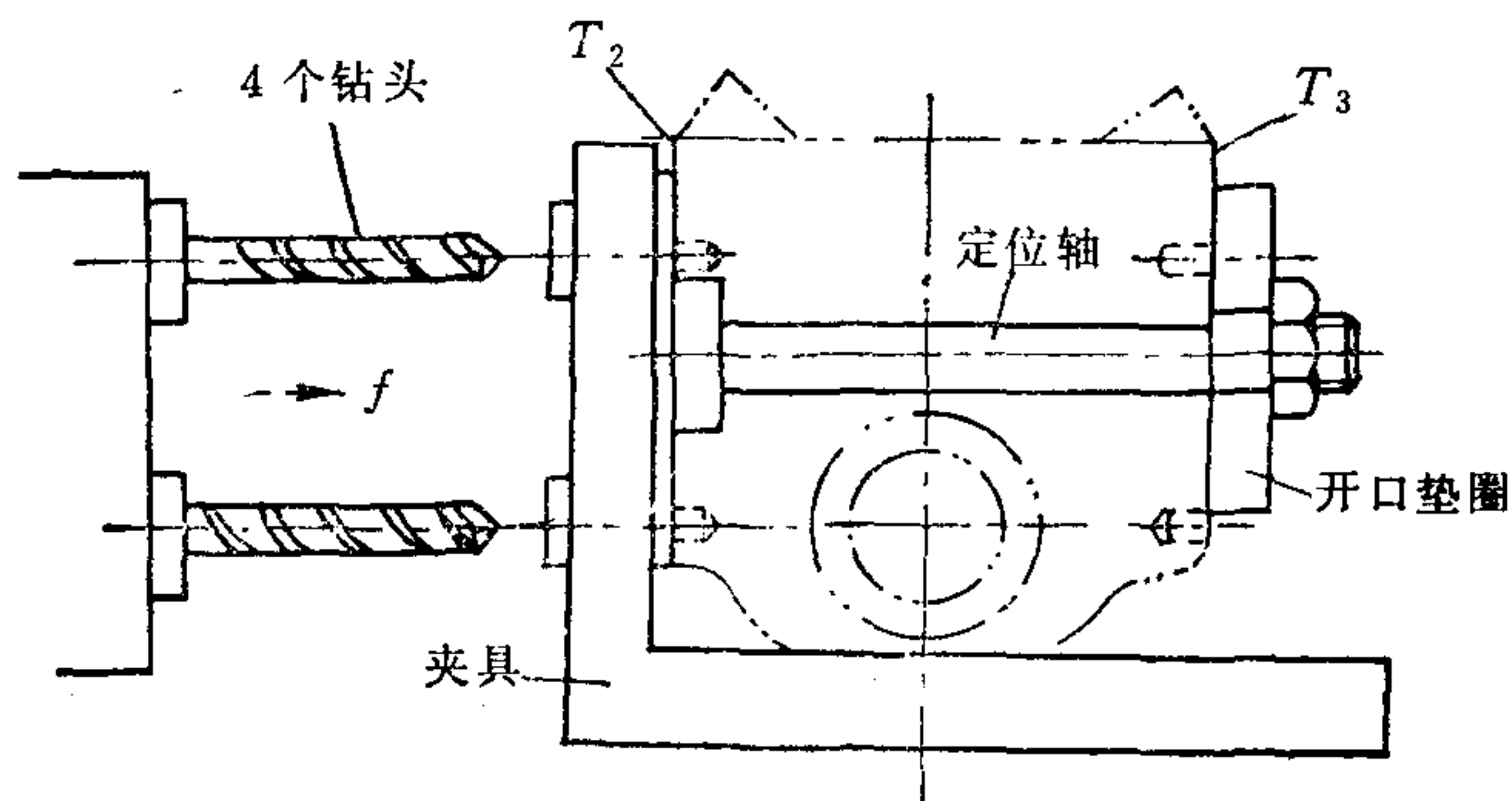


图1-9 转向器壳体零件钻孔工序图

图1-9为转向器壳体零件上钻八个孔的工序图。该工序采用四轴钻床，能同时钻四孔。图中所示为工件安装在弯板夹具上后准备钻 $T_2$ 面上四孔的情况。安装过程又可分为定位和夹紧两个过程，图中将工件套在定位轴上，使工件的 $T_2$ 面与夹具的支承平面接触，以决定工件的位置，这是定位过程；然后通过定位轴一端的螺母和开口垫圈将工件夹紧。图中钻完 $T_2$ 面四孔后，再将工件松开调头安装钻 $T_3$ 面上的四孔，因此在这一工序中有两次安装。

**工位** 在一个工序中，有时为了减少由于多次装夹而带来的误差及时间损失，常采用转位（或移位工作台或转位夹具）。工件在一次安装中，工件与夹具或机床可动部分一起相对于刀具或机床固定部分所占据的每一个位置称为工位。

图1-10所示为在传动轴上铣两个扁平面（处于外圆的对称位置）的工序。传动轴安装在主轴孔内和顶尖上，通过螺母和弹簧夹头将工件夹紧。在调整好的机床上铣好一扁平面后，转动手柄5通过偏心轴4退出分度销2，再转手柄6使分度销进入另一个槽内，这样就使夹具的活动部分转动了180°，即可铣削另一扁平面。所以在这一加工工序中工件相对于机床固定部分占有两个位置，也就是有两个工位。改变工位的目的是为了加工工件上不同部位的表面。图中工位的改变是依靠夹具的分度机构来实现的。在某些情况下，也可依靠机床的分度机构来改变工位，如用多工位组合机床等。

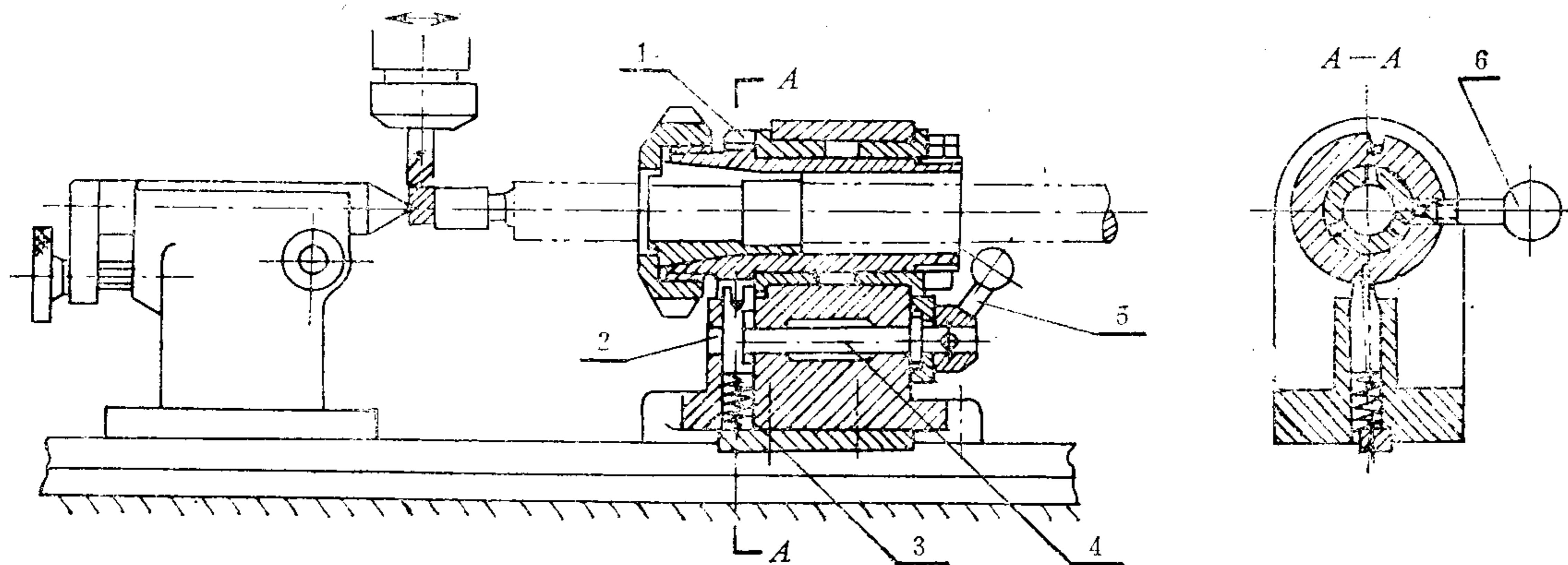


图1-10 铣对称扁平面工序图

在同一工序中，工位和安装的改变都是为了完成工件上不同部位表面的加工工作。不同之处在于从一次安装到另一次安装需松开工件并要重新夹紧固定，但在工位改变时工件则不需要重新夹紧固定（指工件在夹紧状态下改变位置）。所以利用改变工位的方法一般便于保证加工质量，提高生产效率，并易于实现自动化。

**(2)对工艺过程的基本要求** 在一个工厂及一定的生产条件下，一个零件可以有不同的工艺过程，即不同的工艺方法和工序。如果生产工厂不同，则可能有完全不同的工艺过程。

在具体生产条件下怎样的工艺过程才是合理的呢？

任何一种机械产品，都是根据用户要求而设计的，而对于产品中的零件是根据它在产品中的功能而规定其质量要求的。设计工艺过程的基本要求是在符合零件设计质量的前提下，在一定时间内生产一定数量的零件（即劳动生产率，它可用产量来表示）。零件的质量和产量就构成了工艺过程中的一对矛盾。因此在具体生产条件下合理的工艺过程必须能可靠地达到产品的质量要求，在满足质量要求下保证达到高的生产率。换句话说，工艺过程必须满足优质、高产、低消耗的要求。

工艺过程是一个复杂的过程，其中有许多矛盾存在。除质量和产量的矛盾外，还有加工要求（质量与产量）与设备能力之间的矛盾；加工要求与工人操作水平的矛盾；工艺技术与生产组织、管理的矛盾等。但是工艺过程中质量和产量是主要矛盾，它规定或影响着其它矛盾的存在与发展。

质量和产量的矛盾具体反映在生产中往往表现为新的生产任务同现有设备能力之间的矛