

绪 论

能力目标

1. 了解机械制造业在国民经济中的地位、作用和发展概况。
2. 了解数控机床工作原理、数控机床的应用及相关概念。
3. 了解数控加工过程、数控加工的特点、数控加工工艺研究的内容及任务、数控加工工艺的特点及学习方法。

核心能力

了解数控加工的特点、数控加工工艺研究的内容及任务、特点及学习方法。

0.1 数控加工在机械制造业中的地位和作用

数控机床综合应用了电子计算机、自动控制、精密检测与新型机械结构等方面的技术成果，具有高柔性、高精度与高自动化的特点。

应用数控加工技术是机械制造业的一次技术革命，使机械制造业的发展进入了一个新的阶段，提高了机械制造业的制造水平，为社会提供了高质量、多品种及高可靠性的机械产品。

目前，应用数控加工技术的领域已从当初的航空工业部门逐步扩大到汽车、造船、机床、建筑等民用机械制造业，并已取得了巨大的经济效益。当今数控机床已成为现代制造技术的基础，人们对传统的机床传动及结构的观念发生了根本的转变，因此数控机床水平的高低和拥有量已成为衡量一个国家工业现代化水平的重要标志。

0.2 数控加工的发展

1. 数控机床的发展

第一台数控机床是为了适应航空工业制造复杂工件的需要而产生的。1952年，美国麻省理工学院和柏森公司合作研制成功了世界上第一台具有信息存储及信息处理功能的新型机床——三坐标数控铣床，用它来加工直升机叶片轮廓检查用样板，这是一台采用专用



计算机进行直线插补运算与轮廓控制的数控铣床。专用计算机使用电子管元件，经过3年的改进与自动编程研究，1955年进入实用阶段，在复杂曲面的加工中发挥了重要作用。但由于技术上和价格上的原因，只局限在航空工业中应用。随着电子技术和计算机技术的发展，数控机床也在不断更新换代。

数控机床的发展经历了六代，1952—1959年为第一代数控机床，其数控系统采用电子管元件；1959年开始为第二代数控机床，其数控系统采用晶体管元件；1965年开始为第三代数控机床，其数控系统采用小规模集成电路；1970年开始为第四代数控机床，其数控系统采用大规模集成电路及小型通用计算机（CNC）；1974年开始为第五代数控机床，其数控系统采用微处理机或微型计算机（MNC）。目前数控机床上使用的数控系统大多是第五代数控系统，与通用计算机不兼容，系统内结构、工作原理和运行过程复杂，难以进行升级和进一步开发，是一种专用封闭式系统。20世纪90年代后，基于PC机的软硬件资源，人们设计出新一代的开放式数控系统，使数控系统的发展进入第六代（PC—CNC）。由于现代数控系统的控制功能大部分由软件技术来实现，因而使硬件进一步得到了简化，系统可靠性提高，功能更加灵活和完善。目前第六代数控系统代表着数控系统未来的发展方向，在数控机床上的使用将会越来越多。

我国从1958年开始研制数控机床，由清华大学研制出了最早的样机。1966年诞生了第一台用于直线—圆弧插补的晶体管数控系统。1970年北京第一机床厂的XK5040型数控升降台铣床作为商品，小批量生产并推向市场。但由于相关工业基础差，尤其是数控系统的支撑工业——电子工业薄弱，致使在1970—1976年开发出的加工中心、数控镗床、数控磨床及数控钻床因系统不过关，多数机床没有在生产中发挥作用，1975年又研制出第一台加工中心。改革开放以来，20世纪80年代前期，在引入了日本FANUC、德国的SIEMENS数控技术后，我国的数控机床才真正进入小批量生产的商品化时代。由于引进国外的数控系统和伺服系统，我国的数控机床在品种和质量方面都得到迅速的发展。我国的数控机床产品已覆盖了车床、铣床、镗铣床、钻床、磨床、加工中心及齿轮机床等，品种已超过500种，形成了具有生产能力的生产基地。1986年，我国数控机床开始进入国际市场。目前我国已有若干家数控机床厂能够生产高质量的数控机床和加工中心。由于经济型数控机床的研究、生产和推广取得了很大的发展，对数控机床制造技术起到了积极的推动作用。近年来，随着国民经济的飞速发展，数控技术也得到了快速提高，每年都有100多项技术难题得到解决，国产数控机床的市场占有率由几年前不到15%已上升至现在的30%。

2. 自动编程系统的发展

20世纪50年代后期，美国首先研制成功了自动编程工具（Automatically Programmed Tools, APT）系统。到了20世纪60~70年代又先后发展了APTIII和APTIV系统。在西欧和日本，也在引进美国技术的基础上发展了各自的自动编程系统，如德国的EXAPT系统、法国的IFAPT系统、英国的2CL系统以及日本的FAPT和HAPT系统等。

20世纪80年代，美国和法国等国家先后开发了具有计算机辅助设计、绘图和自动编

程一体化功能的 CAD/CAM 系统，如 Master CAM、Surf CAD、Pro/Engineer、UG 等。

我国的自动编程系统发展较晚，但进步很快，目前主要有用于航空零件加工的 SKC 系统以及 ZCK、ZBC 和用于线切割加工的 SKG 等系统。

3. 自动化生产系统的发展

20 世纪 60 年代末期，世界上出现了由一台计算机直接管理和控制的计算机群控系统，即直接数控系统 (Direct NC, DNC)，1976 年出现了由多台数控机床连接成可调加工系统，这是最初的柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS)。20 世纪 80 年代初又出现以 1~3 台加工中心或车削中心为主体，再配上工件自动装卸的可交换工作台及监控检验装置的柔性制造单元 FMC (Flexible Manufacturing Cell)。目前，已经出现了包括生产决策、产品设计及制造和管理等全过程均由计算机集成管理和控制的计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)，以实现工厂自动化。自动化生产系统的发展，使加工技术跨入了一个新的里程，建立了一种全新的生产模式。我国已开始在这方面进行探索与研制，并取得了可喜的成果，且有一些 FMS 和 CIMS 成功地用于生产。

0.3 数控加工中的几个概念

1. 数控轴数

数控轴数是指数控系统按加工要求可控制机床运动的坐标轴数量 (例如，某数控机床本身具有 X、Y、Z 3 个方向运动坐标轴，则该机床的控制轴数为三轴)。

2. 联动轴数

联动轴数是指数控系统按加工要求可同时控制机床运动的坐标轴数量 (例如，某数控机床本身具有 X、Y、Z 3 个方向运动坐标轴，但数控系统仅可同时控制两个坐标轴 XY、YZ 或 XZ 的运动，则该机床的联动轴数为两轴)。

3. 自适应控制机床

如果控制系统能对实际加工中的各种加工状态的参数及时地测量并反馈给机床进行修正，则可使切削过程随时都处在最佳状态。由于 CNC 系统自身带有计算机，只要加上相应的检测元件、控制线路和有关软件就可以制造出这种自适应控制机床 (Adaptive Control, AC)。

4. 柔性制造系统

所谓柔性，是指一个制造系统适应各种生产条件变化的能力。

柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS) 是在柔性制造单元基础上研制和发展起来的。柔性制造单元是一种使人的参与度降到最小时，能连续地对同一组零件内不同的工件进行自动化加工 (包括工件在单元内部的运输和交换) 的最小单元。它既可以作为独立使用的加工设备，又可以作为更大更复杂的柔性制造系统或柔性自动线的基本组



成模块。

5. 计算机集成制造系统

为实现整个生产过程自动化，人们正着手研制包括规划、设计、工艺、加工、装配、检验、销售等全过程都由计算机控制的集成生产系统。它具有计算机控制的自动化信息流和物质流，对产品的构思和设计直到最终装配、检验这一全过程进行控制，以实现工厂自动化。

6. 数控加工的概念

数控加工就是根据被加工零件的图样和工艺要求，编制零件数控加工程序，输入数控系统，控制数控机床中刀具与工件的相对运动，使之加工出合格零件的方法。

7. 数控加工工艺概念

数控加工工艺，是采用数控机床加工零件时所运用的各种方法和技术手段的总和。它应用于整个数控加工工艺过程。数控加工工艺设计要比普通加工方式的工艺具体得多。

8. 数控加工工艺系统

数控机床加工过程中，机床、刀具、夹具和工件等组成的系统称为数控加工工艺系统。

重要知识 0.1 数控机床工作原理

数控机床工作前，首先对零件图进行工艺处理，即根据零件加工工艺过程、工艺参数的要求，并按一定的规则编写数控系统能理解的零件相应数控加工程序，储存在软盘、磁带等介质中或用网络与机床联机；然后用适当的方式将此加工程序输入数控机床的数控装置，此时可启动机床运行数控加工程序。在运行数控加工程序的过程中，数控装置会根据数控加工程序的内容，发出各种控制指令，控制伺服驱动系统和其他驱动系统；由伺服驱动系统和其他驱动系统控制机床的主轴、工作台、刀库等来完成零件的加工。当改变加工零件时，只要在数控机床中改变加工程序，就可继续加工新零件。

0.4 数控加工过程

首先对零件图进行工艺处理，然后将零件图样上的几何信息和工艺信息数字化（即将刀具与工件的相对运动轨迹、加工过程中主轴速度和进给速度的变换、切削液的开关、工件和刀具的交换等控制和操作，编成加工程序）并制作控制介质，接着将该程序送入数控系统。数控系统则按照程序的要求，先进行相应的运算、处理，然后发出控制命令，使各坐标轴、主轴以及辅助动作相互协调，实现刀具与工件的相对运动，自动完成零件的加工，如图 0-1 所示。

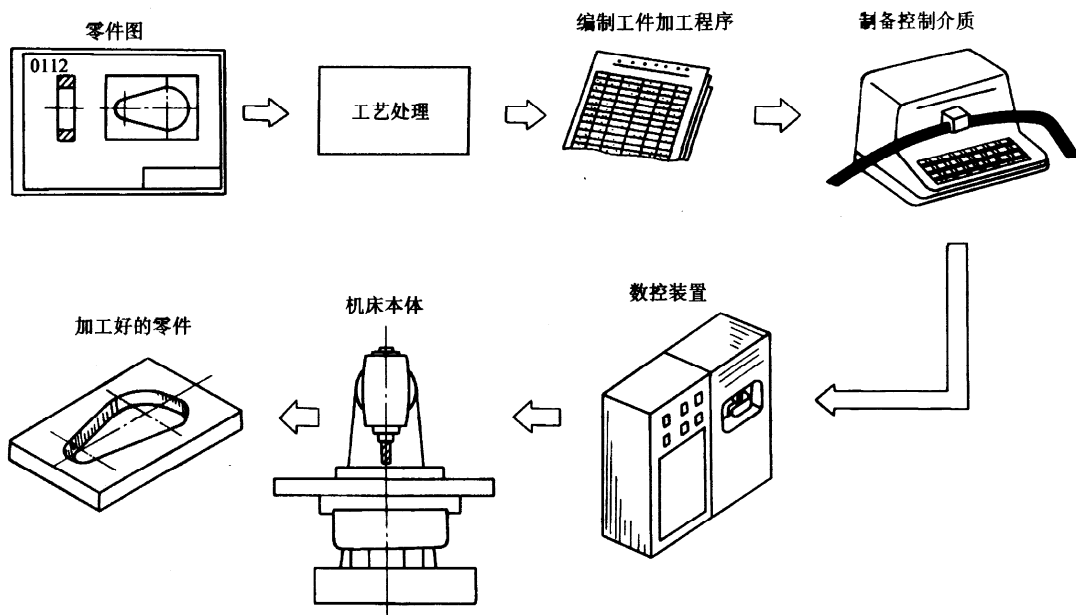


图 0-1 数控加工过程

重要知识 0.2 数控加工的特点

与常规加工相比，数控加工具有以下特点。

(1) 自动化程度高。在数控机床上加工零件除手工装卸工件外，数控加工的整个过程是由机床自动完成。

(2) 加工精度高，加工质量稳定。一般数控机床的加工尺寸精度为 $0.005\sim 0.01\text{mm}$ ，不受零件复杂程度的影响，加工中消除了操作者的人为误差，提高了同批零件尺寸的一致性，使产品质量保持稳定，目前最高的尺寸精度可达 0.0015mm 。

(3) 具有高的柔性。数控机床加工是由加工程序控制的，加工对象改变时，只要重新编制程序，就可以完成工件的加工。因此，数控机床既适用于零件频繁更换的场合，也适用于单件小批生产及产品的开发，可缩短生产准备周期，有利于机械产品的更新换代。

(4) 生产效率高。数控机床的刚度较好，可以采用较高的切削参数，充分发挥刀具的切削性能，减少切削时间；同时，数控加工时，一般可以自动换刀、工序相对集中，减少了辅助时间。

(5) 易于建立计算机通信网络，有利于生产管理的现代化。数控机床使用数字信息与标准代码处理、传递信息，特别是在数控机床上使用计算机控制，为使用计算机辅助设计、制造以及管理一体化奠定了基础。

当然，数控加工在某些方面也有不足之处，数控机床价格昂贵、成本高、技术复杂，对工艺和编程要求较高，加工中难以调整、维修困难。为了提高数控机床的利用率，取得良好的经济效益，需要确实解决好加工工艺与编程、刀具的供应、编程与操作人员的培训问题。



0.5 数控加工工艺研究的内容及任务

数控加工工艺的内容包括公差、金属切削和加工工艺的基本知识和基本理论、金属切削刀具、典型零件加工及工艺分析等。数控机床加工工艺研究的宗旨是，如何科学地、最优地设计加工工艺，充分发挥数控机床的特点，实现在数控中的优质、高产、低耗。

通过本课程的学习，应基本掌握数控加工的金属切削及加工工艺的基本知识和基本理论；学会选择机床、刀具、夹具及零件表面的加工方法；掌握数控加工工艺设计方法。通过有关教学环节的配合，能够初步制订中等复杂程度零件的数控加工工艺和分析解决生产中一般工艺问题。

0.6 数控机床加工工艺的特点及学习方法

数控机床加工工艺是一门综合性、实践性、灵活性强的专业技术课程。学习本课程应注意下列几点。

- 本课程包含面广、内容丰富、综合性强。在学习时要善于将《数控加工基础》和《数控机床》等书的知识同本书的知识结合起来，合理地综合运用。
- 数控机床加工工艺与生产实际密切相关，其理论源于生产实际，是长期生产实践的总结。
- 数控机床加工工艺的应用有很大的灵活性。对具体问题要具体分析，优选方案。

任务小结

了解数控加工过程、数控加工的特点、数控机床的应用、数控机床工作原理及相关概念、数控加工工艺研究的内容及任务、数控机床加工工艺的特点及学习方法，为本课程的学习做准备。

每日一练

1. 名词解释：数字控制、数控技术、数控系统、计算机数控系统、数控机床、数控轴数和联动轴数。
2. 简述数控机床工作原理及数控加工的特点。
3. 简述数控机床的应用。

模块一 数控加工的工艺基础

案例引入

图 1-1 所示为需要加工的 CA6140 型车床主轴零件简图，试拟订该零件成批生产的机械加工工艺规程。

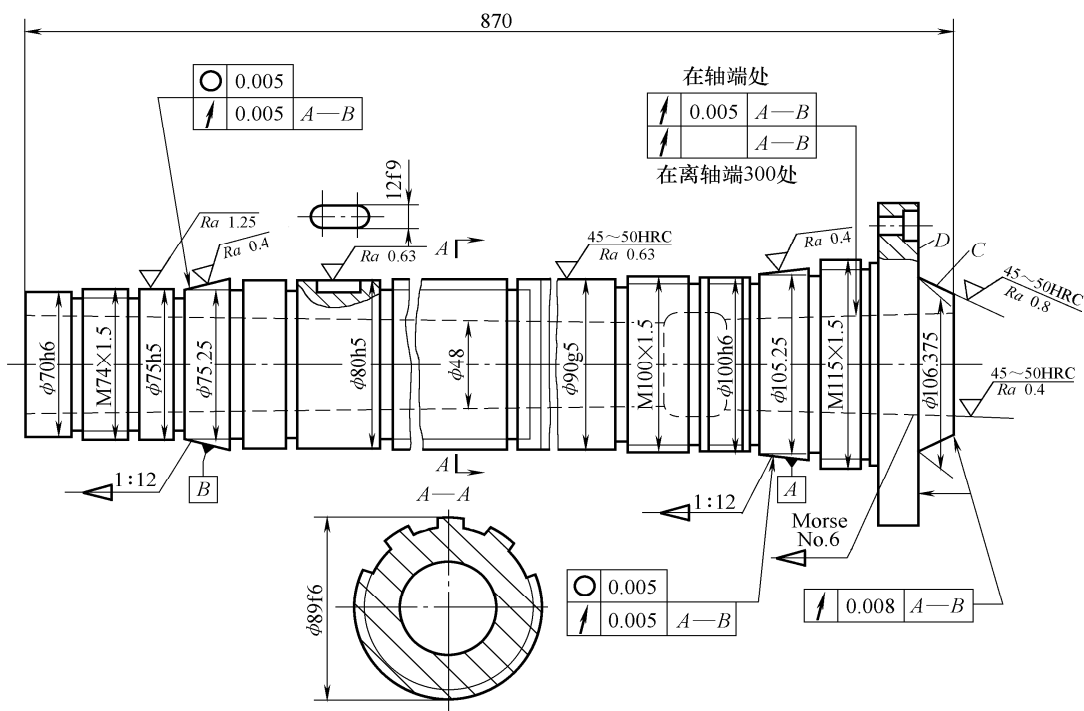
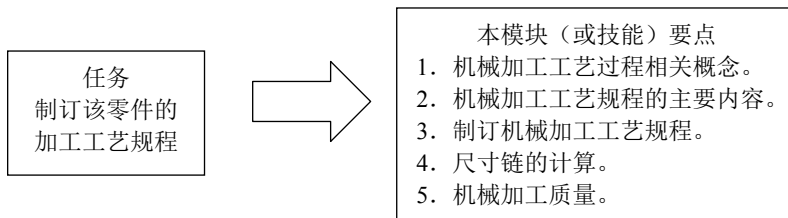


图 1-1 CA6140 型车床主轴简图





项目一 基本概念

能力目标

1. 掌握工序与安装、工位、工步、走刀的概念。
2. 掌握如何划分工序。
3. 掌握工步的两个特例。

核心能力

能熟练划分工序、工步。

任务一 生产过程和工艺过程

1. 生产过程

生产过程是指由原材料到成品之间的各个相互联系的劳动过程的总和。一般包括：产品与技术的准备，如产品试验研究和设计、工艺设计和专用工艺装备的设计和制造、生产计划的编制等；毛坯的制造，如铸造、锻造、冲压等；零件的加工过程，如切削加工、特种加工、焊接、热处理、表面处理等；产品的装配过程，如总装，部装、调试和检验油漆等；各种生产服务活动，如原材料、半成品和工具的供应、运输、保管以及产品的油漆和包装等。机械产品的生产过程一般比较复杂，很多产品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。因此，生产过程既可以指整台机器，也可以指某一零部件的制造过程。

2. 工艺过程

在生产过程中，那些与由原材料（或半成品）转变为产品直接相关的过程称为工艺过程。它包括毛坯制造、零件加工、热处理、质量检验和机器装配等。而为保证工艺过程正常进行所需要的刀具、夹具制造，机床调整、维修等则属于辅助过程。在工艺过程中，以机械加工方法按一定顺序逐步地改变毛坯形状、尺寸、相对位置和性能等，直至成为合格零件的那部分过程，称为机械加工工艺过程。例如毛坯的制造，机械加工、热处理、装配等均为工艺过程。

任务二 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的，工序是工艺过程中的基本单元。而工序又由若干个安装、工位、工步和走刀组成。



重要知识 1.1 工序

工序是指一个（或一组）工人，在一个工作地点或一台机床上，对一个（或同时对几个）工件所连续完成的那一部分工艺过程。划分工序的主要依据是工作地点（或设备）是否变动和完成的那部分工艺内容是否连续。如图 1-2 所示的阶梯轴，当加工数量较少时，工序 1 每个工件都是先车一个工件的大端外圆及倒角，然后调头车小端外圆及倒角，则车大端、小端外圆及倒角就构成一个工序 1。

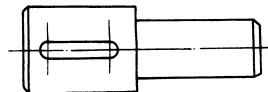


图 1-2 阶梯轴

工序 1 中是在同一地点，且工艺内容是连续的，因此算作一道工序，如表 1-1 所示，共有两道工序。当加工数量较多时，如果整批工件都是先进行车大端外圆及倒角，然后整批工件再进行车小端外圆及倒角，这样大端、小端外圆及倒角就分成两道工序——工序 2 和工序 3。虽然这两道工序工作地点相同，但工艺内容不连续（工序 3 是在该批工序 2 的内容都完成后才进行的），如表 1-2 所示，因此两道工序算作五道工序。

表 1-1 单件小批生产的工艺过程

工 序 号	工 序 内 容	设 备
1	加工外圆、倒角及端面	车床
2	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	两边同时铣端面，钻中心孔	组合机床
2	车大端外圆及倒角	车床
3	车小端外圆及倒角	车床
4	铣键槽	铣床
5	去毛刺	钳工台

上述工序的定义和划分是常规加工工艺中采用的方法。在数控加工中，根据数控加工的特点，工序的划分比较灵活。

在零件的加工工艺过程中，有一些工作并不改变零件形状、尺寸和表面质量，但却直接影响工艺过程的完成，如检验、打标记等，这些工作的工序称为辅助工序。通常把仅列出主要工序名称的简略工艺过程称为工艺路线。

重要知识 1.2 安装与工位

(1) 安装

安装是指工件（或装配单元）经过一次装夹后所完成的那一部分工序内容。在一道工序中可以有一次或多次安装。表 1-1 中的工序 1 有两次安装，工序 2 只有一次安装。工件加工中应尽量减少装夹次数，因为多一次装夹就多一次装夹误差，而且增加了辅助时间。因此，生产中常用各种回转工作台、回转夹具或移动夹具等，以便在工件一次装夹后，可使其处于不同的位置加工。



（2）工位

为完成一定的工序内容，一次装夹工件后，工件（或装配单元）与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备固定部分所占据的每一个位置称为工位。常用各种回转工作台、移动工作台、回转夹具或移动夹具。图 1-3 所示为利用回转工作台在一次装夹后顺序完成装卸工件、钻孔，扩孔和铰孔 4 个工位加工的实例。操作者在上下料工位 I 处装上工件，当该工件依次通过钻孔工位 II、扩孔工位 III、铰孔 IV 后，即可在一次装夹后把工件加工完毕。

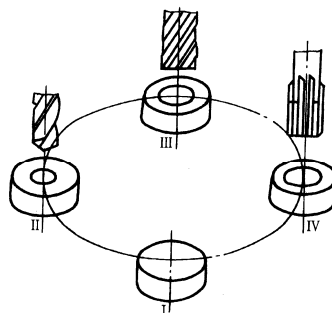


图 1-3 多工位加工

重要知识 1.3 工步与进给

在一个工序内，往往需要采用不同的工具对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述工序的内容，工序还可以进一步划分为工步。

（1）工步

工步是指加工表面不变、切削刀具和切削用量中的转速与进给量均保持不变时所连续完成的那一部分工序内容。一个工序可以包括一个工步或几个工步。划分工步的依据是加工表面和工具是否变化。例如，表 1-2 中的工序 2 和工序 3 要加工外圆、倒角等两个表面，所以各有两个工步；而表 1-2 中的工序 4 只加工键槽，所以只有一个工步。

为了简化工艺文件，对在一次装夹中连续进行的若干相同的工步应视为一个工步。如图 1-4 所示钻削零件上 6 个 $\phi 20\text{mm}$ 的孔，可写成一个工步钻 $6 \times \phi 20\text{mm}$ 孔。为了提高生产率，如图 1-5 所示，有时用几把不同刀具或复合刀具同时加工一个零件上的几个表面，此时应视为一个工步，这种工步称为复合工步。又如，组合钻床加工多孔箱体孔。

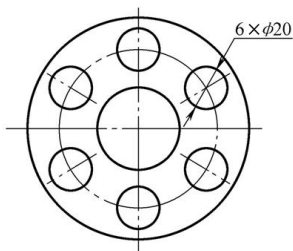


图 1-4 加工 6 个表面相同的工步

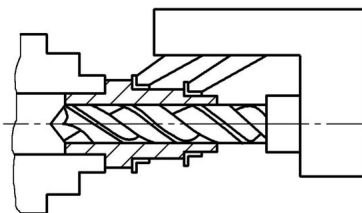


图 1-5 复合工步

在数控加工中，常将一次安装下用一把刀具连续切削零件的多个表面划分为一个工步。

（2）进给（走刀）

在一个工步内，若被加工表面需切除的余量较大，可分几次切削，每次切削称为一次进给。如图 1-6 所示阶梯轴的车削加工，第一工步只需一次进给，第二工步分两次进给。

行程，又称为进给次数，有工作行程和空行程。

工作行程，是指刀具以加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步部分。

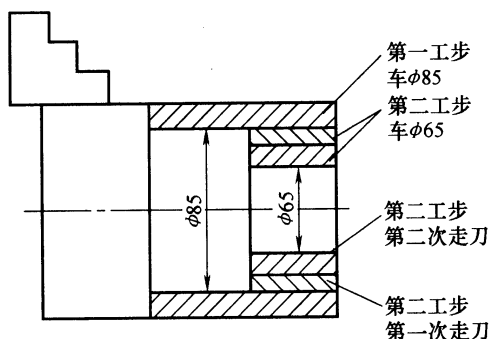


图 1-6 阶梯轴的车削进给

空行程，是指刀具以非加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步部分。

任务三 生产纲领和生产类型

1. 生产纲领

企业在计划内应生产的产品量（年产量）和进度计划称为该产品的生产纲领。企业的年生产纲领，可按下式计算

$$N = Qn(1 + \alpha\% + \beta\%) \quad (1-1)$$

式中：N——零件的年产量，单位为件/年；

Q——产品年产量，单位为台/年；

n——每台产品中该零件数量，单位为件/台；

$\alpha\%$ ——备品的百分率；

$\beta\%$ ——废品的百分率。

2. 生产类型和工艺特点

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。一般把机械制造生产分为单件生产、成批生产及大量生产 3 种生产类型，生产类型的划分除了与生产纲领有关外，还应考虑产品的大小及复杂程度，如表 1-3 所示。

表 1-3 生产类型与生产纲领的关系

生产类型	零件年生产纲领/(件/年)			工作地每月负担的工序数(工序数/月)	
	重型机械或重型零件 (>100kg)	中型机械或中型零件 (10~100kg)	小型机械或轻型零件 (<10kg)		
单件生产	≤5	≤10	≤100	不做规定	
成批生产	小批生产	>5~100	>10~200	>100~500	>20~40
	中批生产	>100~300	>200~500	>500~5000	>10~20
	大批生产	>300~1000	>500~5000	>5000~50000	>1~10
大量生产	>1000	>5000	>50000	1	



1) 单件生产

单个生产不同结构和尺寸的产品，很少重复甚至不重复，这种生产称为单件生产。生产的产品种类繁多，产量很少，各个工作地点的加工对象经常改变，而且很少重复生产。例如，重型机械产品制造、维修车间的配件制造和新产品试制等都属于单件生产。

2) 成批生产

成批生产是指一年中分批轮流地制造几种不同的产品，每种产品均有一定的数量，工作地点的加工对象周期性地重复。产品的种类较少，有一定的生产数量，加工对象、加工过程周期性地重复。例如，机床、电机制造等属于成批生产。每次投入或生产的同一产品（或零件）的数量称为生产批量。按批量大小分为小批、中批、大批量生产3种类型。小批生产接近单件生产，常称为单件小批生产；大批生产和大量生产相似，常合称为大批大量生产；中批量生产介于小批生产和大批生产之间。

3) 大量生产

大量生产是指产品数量很大，大多数工作地点长期按一定的生产节拍进行某一个零件的某一道工序的加工。同一产品的产量大、品种少，产品品种单一而固定，大多数工作地点长期只进行某一工序的生产，工作地点较少改变，加工过程重复。例如，汽车、摩托车、柴油机、拖拉机、轴承等的制造都属于大量生产。

生产类型不同，产品制造的工艺方法、所用的设备和工艺装备以及生产的组织形式等均不同。大批大量生产应尽可能采用高效率的设备和工艺方法，以提高生产率；单件小批生产应采用通用设备和工艺装备，也可采用先进的数控机床，以降低生产成本。不同生产类型的制造工艺有不同特征，各种生产类型的工艺特征如表1-4所示。

表 1-4 各种生产类型的工艺特征

工 艺 特 征	单件小批生产	中 批 生 产	大批大量生产
加工对象	不固定、经常改变	周期性地变换	固定不变
零件互换性	无互换性，广泛采用钳工修配	大部分有互换性，少数由钳工修配	全部互换，某些高精度配合件采用配磨、配研、分组选择装
毛坯制造方法与加工余量	木模手工造型或自由锻造，毛坯精度低，加工余量大	部分用金属模造型或模锻，毛坯精度及加工余量中等	采用金属模机器造型，模锻或其他高效方法，毛坯精度高，加工余量小
机床设备及其布置	采用通用设备、数控机床，按机群式布置	采用通用机床、数控机床及部分高效专用机床，按加工零件类别分工段排列	广泛采用高效专用机床及自动机床，按流水线或自动线排列
工艺装备	广泛采用通用夹具、量具及通用刀具	广泛采用专用夹具，多用通用刀具、万能量具，部分采用专用刀具、专用量具	广泛采用高效专用夹具，专用量具或自动检测装置、专用高效复合刀具
获得规定加工尺寸的方法	广泛采用试切法	多采用调整法，有时用试切法	广泛采用调整法



续表

工艺特征	单件小批生产	中批生产	大批大量生产
装夹方法	找正或用通用夹具装夹	多用专用夹具装夹，部分找正装夹	用高效专用夹具装夹
工艺文件	有工艺过程卡，关键工序要工序卡。数控加工工序要详细工序和程序单等文件	有工艺过程卡，关键零件要工序卡。数控加工工序要详细工序卡和程序单等文件	有工艺过程卡和工序卡，关键零件工序要调整卡和检验卡
对工人技术的要求	需技术熟练的工人，要求高	需技术比较熟练的工人，要求中	对操作工人要求低，对调整工人要求高
生产率	低	中	高
成本	高	中	低

任务小结

掌握工序与安装、工位、工步、走刀的概念，如何划分工序，工序的两个特例。

每日一练

1. 生产过程、工艺过程、工序和工步是什么？构成工序和工步的要素各有哪些？
2. 什么叫生产纲领？生产类型有哪几种？各有何特点？

项目二 定位基准的选择

能力目标

1. 掌握基准及其分类。
2. 粗精基准与精基准的概念。
3. 粗精基准与精基准的选择。

核心能力

能运用粗精基准与精基准的选择原则。

任务一 基准的概念及其分类

基准是零件图上用以确定其他点、线、面位置所依据的那些点、线、面。根据基准的功用不同，它可以分为设计基准和工艺基准两大类。

设计基准是在零件设计图上所采用的基准，它是标注设计尺寸的起点，如图 1-7 所示



中的 A 面是 B 面和 C 面长度尺寸的设计基准； D 面是 E 面和 F 面长度尺寸的设计基准，又是两孔水平方向的设计基准。

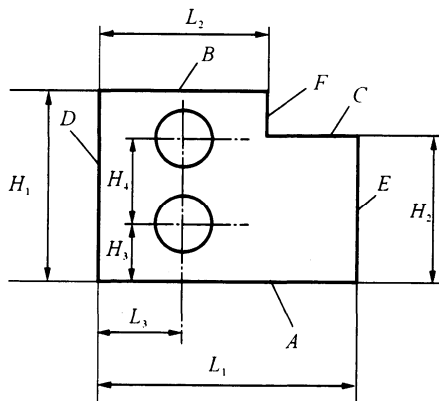


图 1-7 设计基准

重要知识 1.4 工艺基准

在工艺过程中所采用的基准，称为工艺基准。工艺过程是一个复杂的过程，按用途不同工艺基准又可分为工序基准、定位基准、测量基准和装配基准。

(1) 装配基准

装配时用以确定零件或部件在部件或产品中的相对位置所采用的基准称为装配基准。装配基准通常是零件的主要设计基准。如图 1-8 所示的钻套装在钻模板上是以其外圆 $\phi 45h6$ 及端面 B 面来确定钻套位置的，所以其外圆 $\phi 45h6$ 的轴线及端面 B 面是装配基准。

(2) 测量基准

测量已加工表面尺寸及位置时所采用的基准，称为测量基准。如图 1-8 所示的钻套零件，钻套装在检验心轴上用百分表去检验 $\phi 45h6$ 外圆径向跳动及端面 B 的端面圆跳动时，钻套内孔的轴线就是测量基准。

如图 1-9 所示，用游标深度尺测量槽深时，平面 A 为测量基准。

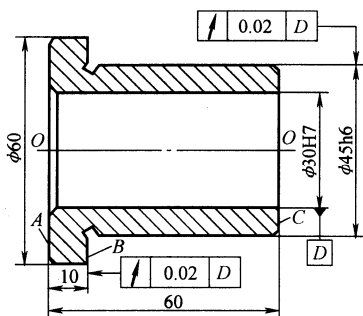
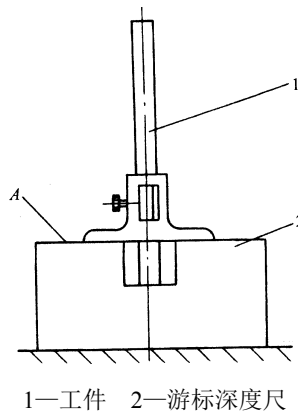


图 1-8 钻套零件图



1—工件 2—游标深度尺

图 1-9 测量基准



重要知识 1.5 工序基准

在工序图上，用来标定本工序被加工面尺寸和位置所采用的基准，称为工序基准。所标定的被加工表面位置的尺寸，称为工序尺寸。如图 1-10 所示，通孔为加工表面，要求其中心线与 A 面垂直，并与 B 面及 C 面保持距离 L_1 、 L_2 ，因此表面 A、表面 B 和表面 C 均为本工序的工序基准。工序图是一种工艺附图，加工表面用粗实线绘制。

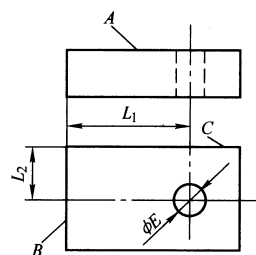


图 1-10 工件的工序基准

重要知识 1.6 定位基准

在加工中定位时用以确定工件在夹具中位置的点、线、面称为定位基准。这些作为定位基准的点、线、面既可以是工件与定位元件实际接触的点、线、面，也可以是一些实际并不存在的理论回转中心线（如孔和轴的轴心线，两平面之间的对称中心面等）。在定位时是由一些相应的实际表面来体现的，这些表面称为定位表面。工件以回转表面（如孔、外圆）定位时，回转表面的轴心线是定位基准，而回转表面就是定位基面，如图 1-8 所示，零件的内孔套在心轴上加工 $\phi 45h6$ 外圆时，内孔轴线即为定位基准。

如图 1-11 所示为各种基准之间相互关系的实例。

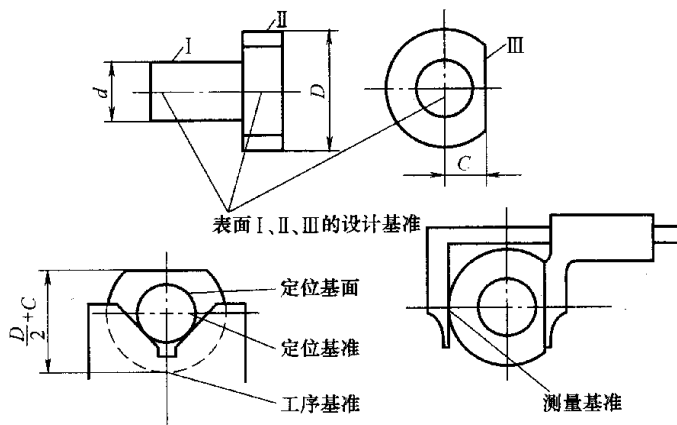


图 1-11 各种基准的实例

任务二 定位基准的选择

定位基准又分粗基准和精基准两种。若选择未经机加工过的毛坯表面作为定位基准的称为粗基准；若选择已机加工过的表面作为定位基准的称为精基准。粗基准考虑的重点是如何保证各加工表面有足够的余量，而精基准考虑的重点是如何减少误差。在选择定位基准时，通常是从保证加工精度要求出发的，因而分析定位基准选择的顺序应从精基准到粗基准，在数控加工中，加工工序往往较集中。



重要知识 1.7 精基准的选择

除第一道工序用粗基准外，其余工序都应使用精基准。选择精基准主要考虑如何减少加工误差，保证加工精度、使工件装夹方便，并使零件的制造较为经济、容易。应遵循下列原则。

(1) 基准重合原则

选择加工表面的设计基准作为定位基准，称为基准重合原则。采用基准重合原则可以避免由定位基准与设计基准不重合而引起的定位误差。

如图 1-12 (a) 所示的零件，*A* 面、*B* 面均已加工完毕，钻孔时若选择 *B* 平面作为精基准，则定位基准与设计基准重合，尺寸 $30\pm 0.15\text{mm}$ 可直接保证，加工误差易于控制，如图 1-12 (b) 所示；若选 *A* 面作为精基准，则尺寸 $30\pm 0.15\text{mm}$ 是间接保证的，产生基准不重合误差，如图 1-12 (c) 所示。

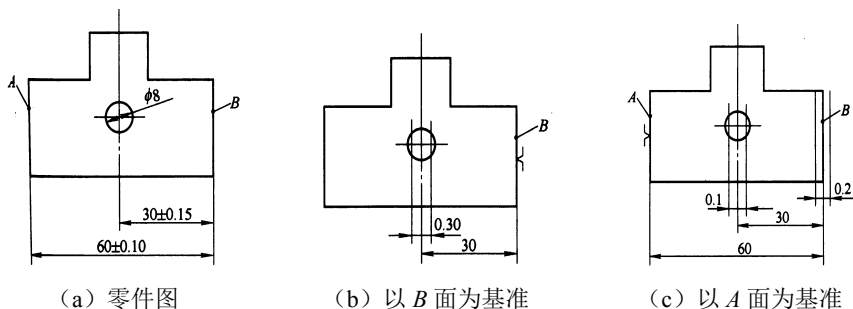


图 1-12 基准重合实例

应用基准重合原则时，应注意具体条件。定位过程中产生的基准不重合误差是在用夹具装夹、调整法加工一批工件时产生的。若用试切法加工，设计要求的尺寸一般可直接测量，则不存在基准不重合误差。在带有自动测量的功能的数控机床上加工，可在工艺中安排坐标系测量检查工步，即每个零件加工前由 CNC 系统自动控制测量头检测工序基准并自动计算、修正坐标值，消除基准不重合误差。因此，不必遵循基准重合原理。

(2) 基准统一原则

当工件以某一组精基准定位可以比较方便地加工其他各表面时，应尽可能在多数工序中采用此同一组精基准定位，这就是基准统一原则。采用基准统一原则可以简化工艺规程的制订，减少夹具数量，节约了夹具设计和制造的时间和费用，同时简化夹具的设计和制造工作量，缩短了生产准备周期；由于减少了基准的转换，可以避免基准变换所产生的误差，更有利于保证各表面间的相互位置精度，例如，加工轴类零件时，采用两端中心孔做统一基准加工各外圆表面，这样可以保证各阶梯外圆表面之间较高的同轴度；箱体零件采用一面两孔定位、齿轮的齿坯和齿形加工多采用齿轮的内孔及一端面为定位基准，均属于基准统一原则。又如图 1-13 所示的汽车发动机机体，在加工其主轴承座孔、凸轮轴座孔、气缸孔及座孔端面时，采用底面及底面上的两个工艺孔作为统一的精基准就能较好地保证这些加工表面之间的相互位置关系。



(3) 自为基准原则

某些加工表面要求加工余量小而均匀时的精加工工序，可选择加工表面本身作为定位基准，称为自为基准原则。如图 1-14 所示，在导轨磨床上磨削床身导轨面时，就是以导轨面本身为基准，在磨床上用百分表找正导轨面相对机床运动方向的正确位置，然后磨去薄而均匀的一层磨削余量，以满足对导轨面的质量要求。采用自为基准原则加工时，只能提高加工表面本身的尺寸精度、形状精度，而不能提高加工表面的位置精度，加工表面的位置精度应由前道工序保证。此外，研磨、铰孔都是自为基准的例子。

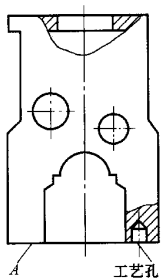


图 1-13 发动机机体

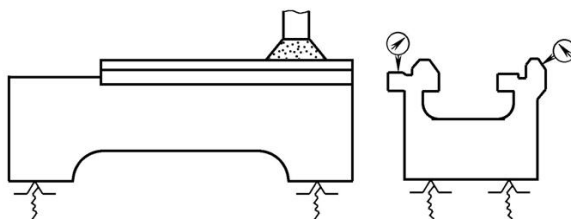
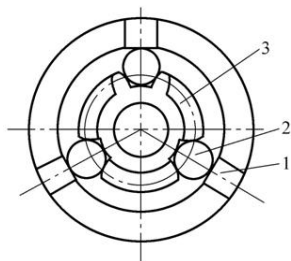


图 1-14 自为基准实例

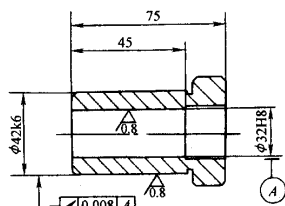
(4) 互为基准原则

对工件上两个相互位置精度要求比较高的表面进行加工时，可以利用两个表面互相作为基准，反复进行加工，以保证位置精度要求，可采用两个表面互为基准反复加工，称为互为基准原则。如加工精密齿轮，可确定齿面和内孔互为基准反复加工，如图 1-15 和图 1-16 所示都是互为基准的典型实例。

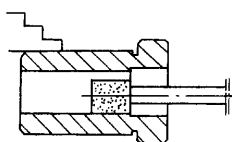


1—卡盘 2—滚柱 3—齿轮

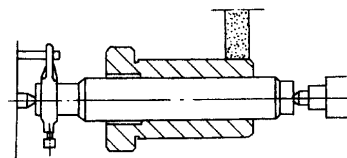
图 1-15 以齿面定位加工孔



(a) 工件简图



(b) 用三爪自定心卡盘磨内孔



(c) 在心轴上磨外圆

图 1-16 互为基准实例



（5）便于装夹原则

选择精基准时，所选精基准应保证工件安装可靠、装夹方便，能使工件定位准确、稳定，还应考虑使夹具设计结构简单、操作方便。

（6）大、精、稳原则

应选择面积较大、精度较高、安装稳定可靠的表面作为定位精基准。

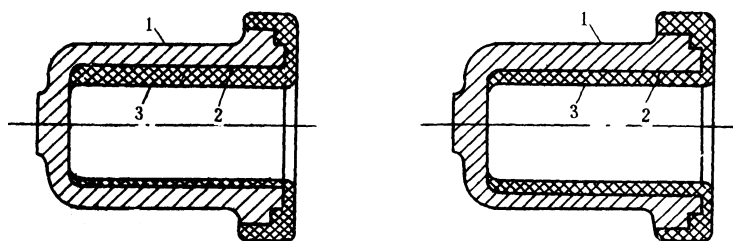
在实际生产中，精基准的选择要完全符合上述原则有时很难做到。例如，统一的定位基准与设计基准不重合时，就不可能同时遵循基准统一原则和基准重合原则。在这种情况下，若采用统一定位基准，尺寸精度能够保证，则应遵循基准统一原则。若不能保证尺寸精度，则可在粗加工和半精加工时遵循基准统一原则，在精加工时遵循基准重合原则。所以，应根据具体的加工对象和加工条件，从保证主要技术要求出发灵活选用有利的精基准。

重要知识 1.8 粗基准的选择

粗基准的选择是否合理，直接影响到各加工表面加工余量的分配，以及加工表面和不加工表面的相互位置关系。因此，必须合理选择。选择粗基准时，主要考虑两个问题：一是保证加工面与不加工面之间的相互位置精度要求；二是合理分配各加工面的加工余量。其原则如下。

（1）为了保证加工表面与不加工表面间的位置要求，选择不加工表面为粗基准。如果工件上有多个不加工表面，则应选其中与加工表面位置要求较高的不加工表面为粗基准，以便保证精度要求，使外形对称等。

图 1-17 所示的工件，毛坯孔与外圆之间偏心较大，以外圆 1 为粗基准，孔的余量不均匀，但加工后壁厚均匀，如图 1-17（a）所示；以内圆 3 为粗基准，孔的余量均匀，但加工后壁厚不均，如图 1-17（b）所示。



（a）以外圆 1 为粗基准

（b）以内圆 3 为粗基准

1—外圆面 2—加工面

图 1-17 套的两种粗基准选择对比

（2）选择重要加工表面作为粗基准。对于工件上的某些重要表面，为了尽可能使重要加工面的加工余量均匀，则应选择重要加工表面作为粗基准。如图 1-18 所示的床身导轨表面是重要表面，在车床床身粗加工导轨时，应选择导轨表面作为粗基准先加工床身底面，然后再以床底面为精基准加工导轨面。

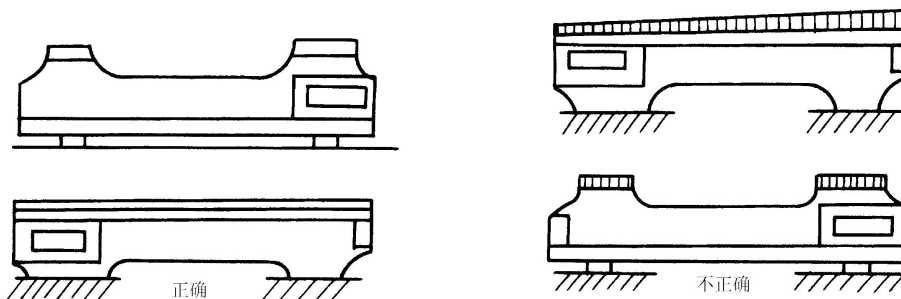


图 1-18 车床床身的粗基准选择

(3) 选择加工余量最小的表面为粗基准。为保证各加工表面都有足够的加工余量，应选择加工余量最小的表面为粗基准。如图 1-19 所示的阶梯轴，应选择 $\phi 55\text{mm}$ 外圆表面作为粗基准。如果选择 $\phi 108\text{mm}$ 的外圆表面为粗基准加工 $\phi 55\text{mm}$ 外圆表面，当两个外圆表面偏心为 3mm 时，则加工后的 $\phi 55\text{mm}$ 外圆表面，因一侧加工余量不足而出现毛面，使工件报废。

(4) 粗基准应避免重复使用。在同一尺寸方向上，粗基准通常只能使用一次，否则将产生较大误差。如图 1-20 所示的小轴，如果重复使用毛坯面 B 定位加工面 A 和 C ，则会使加工面 A 和 C 产生较大的同轴度误差。

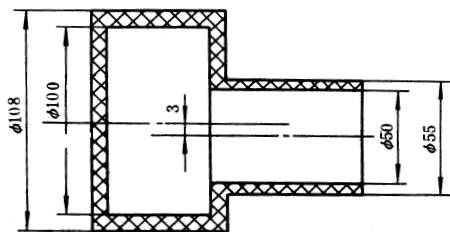


图 1-19 阶梯轴粗基准选择

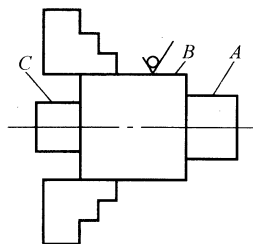


图 1-20 重复使用粗基准示例

(5) 选择较为平整光洁、加工面积较大的表面为粗基，以便定位可靠，夹紧方便。

无论是粗基准还是精基准的选择，上述原则都不可能同时满足，有时甚至互相矛盾，因此选择基准时，必须具体情况具体分析，权衡利弊，保证零件的主要设计要求。

有些零件的加工，为了装夹方便或易于实现基准统一，会人为地制成一种定位基准，称为辅助基准。例如，轴类零件加工所用的两个中心孔、图 1-13 所示零件的工艺孔等。作为辅助基准的表面不是零件的工作表面，在零件的工作中不起任何作用，只是由于工艺上的需要才做出的，如图 1-21 所示工艺凸台。所以，有些可在加工完毕后从零件上切除。

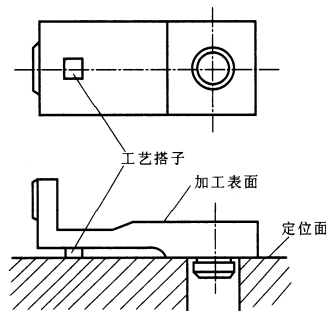


图 1-21 工艺凸台



项目三 机械加工工艺规程的制订

能力目标

1. 掌握工艺规程制订时所需的原始资料。
2. 掌握毛坯选择的方法与意义。
3. 掌握工件加工方案的制订方法。
4. 掌握划分加工阶段的方法及意义。
5. 掌握加工工序安排的原则。

核心能力

掌握工件加工工艺分析内容及方法，能熟练地对零件图进行数控加工工艺分析。

任务一 机械加工工艺规程概述

工艺规程的制订方法及步骤如图 1-24 所示。

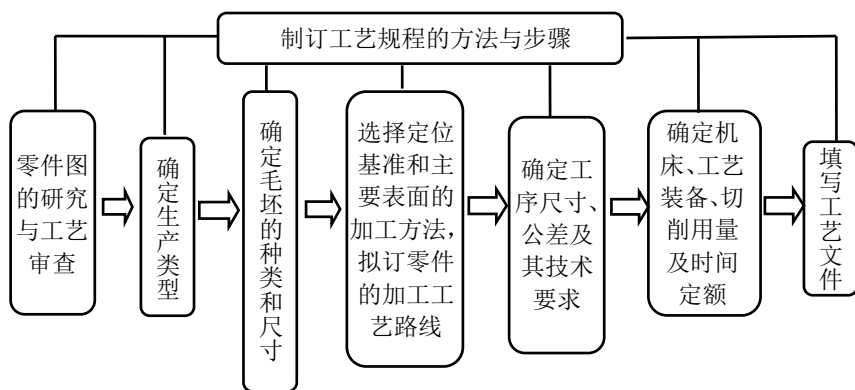


图 1-24 零件数控加工工艺规程制订的一般方法和步骤

重要知识 1.9 机械加工工艺规程的概念

机械加工工艺规程是将产品或零部件的制造工艺过程和操作方法按一定格式固定下来的技术文件。它是在具体生产条件下，本着最合理、最经济的原则编制而成的，经审批后用来指导生产的法规性文件。机械加工工艺规程一般包括零件加工的工艺路线、各工序的具体加工内容；各工序所用的机床及工艺装备；切削用量及工时定额等。



1. 工艺规程的作用

1) 工艺规程是指导生产的主要技术文件

工艺规程是依据工艺理论和实践经验的基础上制订的，按照工艺规程进行生产可以保证产品质量，并有较高的生产率和良好的经济效益，一切生产人员都严格执行既定的工艺规程，但是，工艺规程也不是固定不变的，必须要有严格的审批手续。

2) 工艺规程是生产组织和管理工作的基本依据

在生产管理中，生产计划的制订、产品投产前原材料和毛坯的供应、质量的检查、工艺装备的设计、工时定额的制订以及成本的核算等，都是以工艺规程作为基本依据的。

3) 工艺规程是新建或扩建工厂或车间的基本资料

在新建和扩建工厂（车间）时，只有根据工艺规程和生产纲领才能正确地确定生产所需要的设备的种类、数量和规格，车间的面积、生产工人的工种及数量等都以工艺规程为基础。

4) 便于积累、交流和推广行之有效的生产经验

已有的工艺规程可供以后制订类似零件的工艺规程时作为参考，以减少制订工艺规程的时间和工作量，也有利于提高工艺技术水平，典型工艺规程可指导同类产品的生产。

2. 制订工艺规程所需的原始资料

(1) 产品的装配图和零件的工作图。

(2) 产品的生产纲领（年产量）。

(3) 现有的生产条件，包括毛坯的生产条件或协作关系、加工设备和工艺装备的规格及性能、工艺装备和专用设备及其制造能力、工人的技术水平以及各种工艺资料 and 标准等。

(4) 产品验收的质量标准。

(5) 国内外同类产品的新技术、新工艺及其发展前景等的相关信息。

(6) 毛坯资料。毛坯资料包括各种毛坯制造方法的技术经济特征，各种型材的品种和规格及毛坯图等。在无毛坯图的情况下，需实际了解毛坯的形状、尺寸及机械性能等。

(7) 有关的工艺手册及图册。

3. 制订工艺规程的原则

工艺规程制订的原则是优质、高产和低成本，即在保证产品质量的前提下，争取最好的经济效益。制订工艺规程时，必须充分利用本企业现有的生产条件；可靠地加工出符合图纸要求的零件；保证良好的劳动条件及避免环境污染，提高劳动生产率；在保证产品质量的前提下，尽可能降低消耗、降低成本；应尽可能采用国内外先进工艺技术。

4. 常见工艺文件的格式

工艺规程的种类有以下几种。

1) 机械加工工艺过程卡片

机械加工工艺过程卡片主要列出了整个零件加工所经过的工艺路线，它是编制其他工艺文件的基础，也是生产技术准备、编制作业计划和组织生产的依据。其格式如表 1-5 所示。



表 1-5 机械加工工艺流程卡片

工厂		机械加工工艺流程卡								产品型号	零(部)件图号	共 页				
										产品名称	零(部)件名称	第 页				
材料牌号		毛坯种类		毛坯外形尺寸				每毛坯件数		每台件数		备注				
工序号	工序名称	工序内容								车间	工段	设备	工艺装备		工时	
															准	单
										编制(日期)	审核(日期)	会签(日期)				
标记	处记	更改文件号	签字	日期	标记	处记	更改文件号	签字	日期							

2) 机械加工工艺卡片

机械加工工艺卡片是用于普通机床加工以工序为单位，详细说明整个工艺过程的工艺文件，它用来指导工人生产和帮助车间管理人员和技术人员掌握整个零件加工过程的一种主要技术文件，广泛用于成批生产的零件和小批生产中的重要零件。其格式如表 1-6 所示。

表 1-6 机械加工工艺卡片

工厂		机械加工工艺卡								产品型号	零(部)件图号	共 页				
										产品名称	零(部)件名称	第 页				
材料牌号		毛坯种类		毛坯外形尺寸				每毛坯件数		每台件数		备注				
工序	装夹	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			工时定额			
					背吃刀量/mm	切削速度/(m·min ⁻¹)	每分钟转数或往复次数	进给量/mm (或 mm·双行柱 ⁻¹)		夹具	刀具	量具	技术等级	单件	准终	
										编制(日期)	审核(日期)	会签(日期)				
标记	处记	更改文件号	签字	日期	标记	处记	更改文件号	签字	日期							

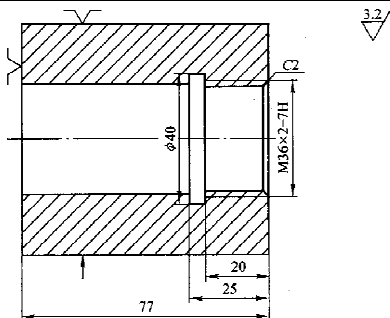
3) 机械加工工序卡片

机械加工工序卡片更详细地说明整个零件各个工序的加工要求，用来具体指导工人操作的一种最详细的工艺文件。卡片上，要画出工序简图，工序简图就是按一定比例用较小的投影绘出工序图，可略去图中的次要结构和线条，主视图方向尽量与零件在机床上的安装方向相一致，本工序的加工表面用粗实线或红色粗实线表示，用于大批量生产的零件。其格式如表 1-7 所示。



表 1-7 机械加工工序卡片

机械加工工序卡			产品名称	零件名称	材料	零件图号
					45 钢	
工序号	程序编号	夹具名称	夹具编号	使用设备		
2		三爪卡盘				



(工序简图)

工步号	工步内容	刀具号	主轴转速/(r/min)	进给速度/(mm/r)	背吃刀量/mm	备注
装夹：夹住棒料一头，留出长度大约 30mm，车端面（手动操作）保证总长 77mm，对刀，调用程序						
1	镗孔 $\phi 32 \times 21\text{mm}$	T0202	600	0.15		
2	车内沟槽	T0303	250	0.06	1	
3	车内螺纹	T0404	600		4	
编制		审核	批准	年月日	共页	第页

4) 数控加工工序卡片

数控加工工序卡片是编制加工程序的主要依据和操作人员配合数控程序进行数控加工的主要指导性工艺文件。它与普通加工工序卡片有许多相似之处，只是该卡片应注明编程原点和对刀点，并要进行简要编程说明（如所用机床型号、程序编号、刀具半径补偿等）及刀具参数（如主轴速度、进给速度、最大背吃刀量或刀宽等）的选择，其格式如表 1-8 所示。

表 1-8 数控加工工序卡片

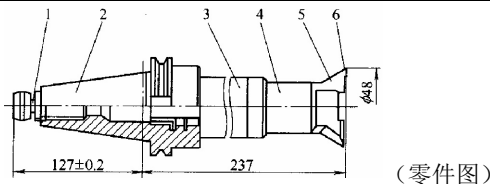
×××厂	数控加工工序卡		产品名称代号		零件名称		零件图号	
					座架		WD-9901	
工艺序号	程序编号	夹具名称	夹具编号	使用设备		车间		
		台钳		ZJK7532-1		数控		
工步号	工步作业内容	加工面	刀具号	刀具规格	主轴转速	进给速度	切削深度	备注
1	$\phi 50$ 面铣刀铣上表面到尺寸	上表面	T01	$\phi 50$ 面铣刀	1000	200	+15	
2	$\phi 20$ 立铣刀铣四周侧面到尺寸	四侧面	T02	$\phi 20$ 立铣刀	1000	200	-11	
3	$\phi 20$ 立铣刀铣 A、B 台阶面	A、B 面	T02	$\phi 20$ 立铣刀	1000	200	0	
4	$\phi 6$ 钻头钻 6 个孔	小孔 6	T03	$\phi 6$ 钻头	800	100	-22	
5	$\phi 14$ 钻头钻 2 个大孔	大孔 2	T04	$\phi 14$ 钻头	500	80	-22	
编制		审核	批准	年月日		共页	第页	

5) 数控加工刀具卡片

数控加工刀具卡片是组装刀具和调整刀具的依据。它是操作人员进行数控加工的主要指导性工艺资料。工序卡应按已确定的工步顺序填写。其格式如表 1-9 所示。

表 1-9 数控刀具卡片

零件图号	J30102-4	数控刀具卡片				使用设备
刀具名称	镗刀					TC-30
刀具编号	T13006	换刀方式	自动	程序编号		
刀具组成	序号	编号	刀具名称	规格	数量	备注
	1	T013960	拉钉		1	
	2	390、140-50 50 027	刀柄		1	
	3	391、01-50 50 100	接杆	φ50×100	1	
	4	391、68-03650 085	镗刀杆		1	
	5	R416.3-122053 25	镗刀组件	φ41-φ53	1	
	6	TCMM110208-52	刀片		1	
	7				2	GC435



备注						
编制		审批		批准		共 页 第 页

6) 数控加工进给路线图

进给路线图主要反映加工过程中刀具的运动轨迹，该图应准确描述刀具从起刀点开始，直到加工结束后返回终点的轨迹，一方面是方便编程人员编程；另一方面是帮助操作人员了解刀具的进给轨迹（如从哪里下刀、在哪里抬刀、哪里是斜下刀等），以便确定夹紧位置和控制夹紧元件的高度，以避免碰撞事故的发生，如表 1-10 所示。

表 1-10 数控加工进给路线图

数控加工走刀路线图	零件图号	NC01	工序号	工步号		程序号	O100		
机床型号	XK5032	程序段号	N10~N180	加工内容	铣轮廓周边	共 1 页	第 页		
<p>(进给路线图)</p>						程序说明:			
						编程	—		
						校对	—		
						审批	—		
符号	⊙	⊗	●	○→	→	←↕	○---		
含义	抬刀	下刀	编程原点	起刀点	走刀方向	走刀线相交	爬斜坡	铰孔	行切



7) 刀具调整图

数控车削的刀具调整图主要反映刀具的种类、刀位点、工件编程原点等，如图 1-25 所示。

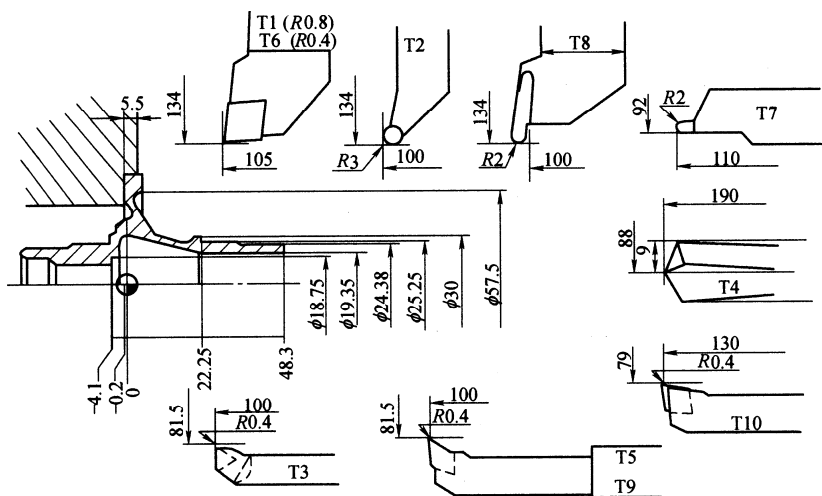


图 1-25 刀具调整图

任务二 工艺规程制订的步骤及方法

工艺规程制订之前，首先需要计算年生产纲领，确定生产类型，前文已有详细介绍，此处不再赘述，现主要讲述生产纲领和生产类型确定之后，工艺规程制订的步骤和方法。

1. 零件的工艺分析

首先认真地分析与研究零件图和装配图，明确零件各项技术要求对装配质量和使用性能的影响，找出其主要和关键的技术要求，然后对零件图进行结构和技术要求的分析。

1) 零件结构分析

零件的结构分析主要包括以下三方面。

(1) 零件表面的组成和基本类型

在零件结构分析时，首先分析该零件由哪些表面所组成，因表面形状是选择加工方法的基本因素之一。例如，外圆表面通常采用车削或磨削加工；内孔表面则采用钻、扩、铰、镗和磨削等方法进行加工。除了表面形状外，表面尺寸的大小对工艺也有重要影响。例如，对直径很小的孔宜采用铰削加工；深孔采用深孔钻进行加工。它们在工艺上都有各自的特点。

机械零件不同表面的组合形成零件结构上的特点，按零件结构和工艺过程的相似性，将各类零件大致分为轴类、套类、箱体类、齿轮类和叉架类零件等。正是这些不同组合形成了零件结构工艺上的特点，如圆柱套筒上的孔，可以采用钻、扩、铰、镗、内圆磨削和拉削等方法进行加工。箱体类零件上的孔则不宜采用内圆磨削和拉削加工。

(2) 主要表面与次要表面区分

根据零件各加工表面要求的不同，可以将零件的加工表面划分为主要加工表面和次要



加工表面，在拟订工艺路线时，做到主次分开以保证主要表面的加工精度。

2) 零件图的技术要求分析

(1) 检查零件图的完整性和正确性

主要检查零件视图是否表达直观、清晰、准确、充分并符合国家标准，尺寸、公差以及技术要求的标注是否合理、齐全等，如有错误或遗漏，应提出修改意见。

(2) 分析零件材料选择是否恰当

分析零件材料切削加工性，为选择刀具材料和切削用量提供依据，避免采用贵重金属。

图 1-26 所示为方头销的零件图， $\phi 2H7$ 孔要求装配时进行配作，工件材料为 T8A。如图 1-26 所示的方头销，材料的选择不合理。改进办法：选用 20Cr 钢。为了保证硬度要求，进行局部渗碳处理，在渗碳时，由于工件较小，对 $\phi 2H7$ 处用镀铜（或其他方法）保护，配钻 $\phi 2H7$ 孔时就没有任何困难了。

(3) 分析零件的技术要求

零件的技术要求包括尺寸、形状精度、主要加工表面之间的相互位置精度；加工表面的粗糙度以及表面质量方面的其他要求；热处理要求和其他要求等。要注意分析这些要求在保证使用性能的前提下是否经济合理，在本企业现有生产条件下能否实现。

图 1-27 所示为汽车弹簧板与吊耳的装配简图，两个零件的对应侧面并不接触，粗糙度要求过高。所以可将吊耳槽的表面粗糙度要求降低些，由 $Ra3.2\mu m$ 改为 $Ra12.5\mu m$ ，从而可增大铣削加工时的进给量，提高生产效率。

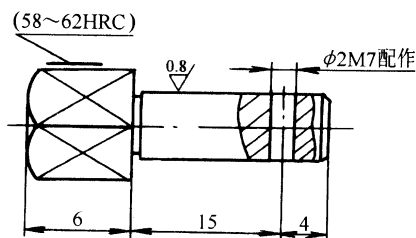


图 1-26 方头销

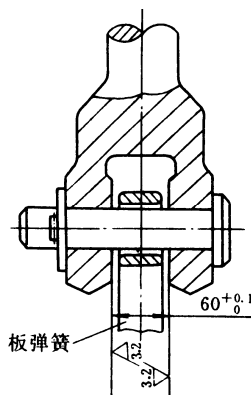


图 1-27 汽车弹簧板与吊耳的装配简图

(4) 尺寸标注方法分析

零件图上的尺寸标注方法有局部分散标注法、集中标注法和坐标标注法等。在数控机床上加工的零件，零件图的尺寸在加工精度能够保证使用性能的前提下，可不必使用局部分散标注法，应使用集中标注法或以同一基准法标注（标注坐标尺寸），既有利于编制程序，又有利于设计基准、工艺基准与编制的程序原点统一，如图 1-28 所示。

3) 零件的结构工艺性

所谓零件的结构工艺性是指所设计的零件在满足使用要求的前提下，在不同类型的具体生产条件下，零件毛坯的制造、零件的加工和产品的装配所具备的可行性和经济性。结构工艺性好，是指在现有工艺条件下，既能方便制造又有较低的制造成本。

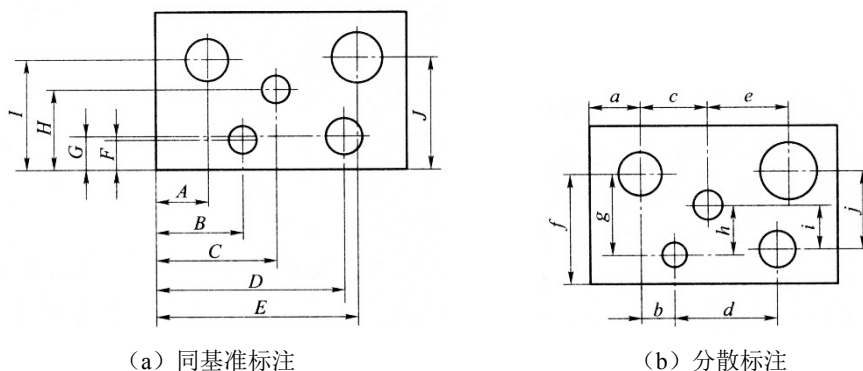


图 1-28 零件尺寸标注分析

零件的结构工艺性对机械加工工艺过程的影响很大，不同结构的两个零件尽管都能满足使用要求，但它们的加工方法和制造成本却可能有很大的差别。

表 1-11 列出了多种零件的结构并对零件结构的工艺性进行了对比。

表 1-11 部分零件的零件结构的工艺性比较

序号	结构的工艺性不好	结构的工艺性好	说明
1			为减少零件的安装次数，零件加工表面应尽量分布在相互平行或相互垂直的表面上
2			键槽的尺寸、方位相同，可一次装夹加工出全部键槽，提高生产率
3			尽量减少不必要的加工面积，有利于减少加工劳动量
4			尽量避免或简化内表面的加工
5			将内沟槽转换为外沟槽加工
6			退刀槽的尺寸应力求一致，可减少刀具种类，减少换刀时间
7			凸台表面高度相等，可在一次进给中加工完成



续表

序号	结构的工艺性不好	结构的工艺性好	说明
8			便于采用刀具加工
9			加工箱体时，同一轴线上的孔应沿孔的轴线递减，以便使镗杆从一端穿入
10			零件的结构应便于加工，应留有退刀槽和让刀孔
11			刀具能顺利地接近待加工表面
12			应留有越程槽
13			避免在斜面上钻孔和钻头单刃切削，钻孔表面应与孔的轴线垂直
14			配合面的数目要尽量少，减少零件的加工表面面积
15			零件结构应有足够的刚度，提高齿轮的安装刚度
16			齿轮、螺纹、键槽加工都必须有退刀槽，否则会引起刀具损坏
17			箱体内壁凸台不应过大，以便于刮削

2. 毛坯的确定

在制订机械加工工艺规程时，正确选择合适的毛坯，不仅影响毛坯制造的经济性，而且影响机械加工的经济性。毛坯的尺寸和形状越接近成品零件，机械加工的劳动量就越少，但毛坯的制造成本就越高，应根据生产纲领，综合考虑毛坯制造和机械加工的费用来确定毛坯。

1) 机械加工中常用毛坯的种类

(1) 铸件

形状复杂的零件毛坯，采用铸造方法制造。目前，铸件大多用砂型铸造，木模手工造型铸件精度低，适用于单件小批生产或大型零件的铸造。金属模机器造型生产率高，精度



高，适用于毛坯精度要求高、大批量生产的中小铸件，少数质量要求较高的小型铸件可采用特种铸造（如压力铸造、离心制造等）。其材料有铸铁、铸钢及铜、铝等有色金属，如图 1-29 所示。



图 1-29 各种铸件

（2）锻件

机械强度高、形状比较简单的钢制件，用锻件毛坯。自由锻毛坯精度、生产率低，余量较大，结构简单；适用于单件和小批生产，以及大型零件毛坯。模锻件的精度、生产率高，形状复杂，加工余量少，成本也高，适用于批量较大的中小型锻件。常见的各种汽车锻件如图 1-30 所示。



图 1-30 各种汽车锻件

（3）型材

型材有热轧和冷拉两类。热轧适用于尺寸较大、精度较低的毛坯；冷拉多用于批量较大的生产，适用于尺寸较小、精度较高的毛坯、自动机床加工。

（4）焊接件

焊接件是根据需要将型材或钢板等用焊接方法而获得的毛坯，其制造简单、生产周期短、节省材料，但抗振性差，变形大，需经时效处理后才能进行机械加工。对于大件来说，焊接件简单、方便，特别是单件小批生产可大大缩短生产周期，如图 1-31 所示。



图 1-31 焊接件

（5）冷冲压件

冷冲压件毛坯可以非常接近成品要求，在小型机械、仪表、轻工电子产品方面应用广泛。适用于形状复杂的板料零件，多用于中、小尺寸件的大批大量生产，如图 1-32 所示。