

LAODONGYUBEIZHIJIAOCAI

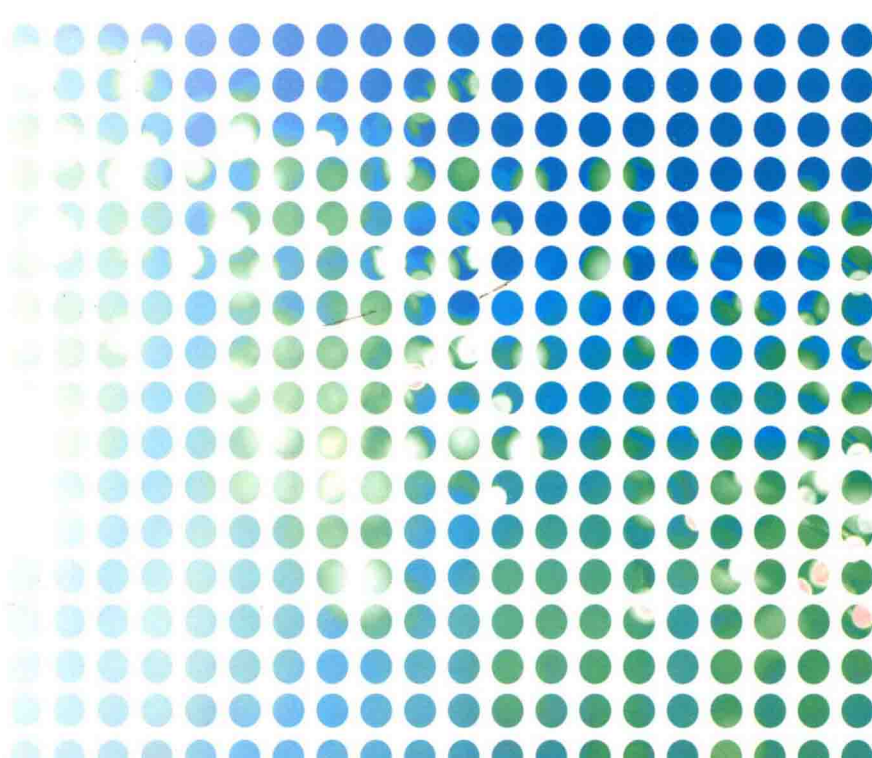


职业培训教材

劳动预备制教材

加工中心操作 与编程

J IAGONG ZHONGXIN
CAOZUO YU BIANCHENG



LAODONG YUBEIZHI

中国劳动保障出版社



劳动预备制教材
职业培训教材

加工中心操作与编程

中国劳动社会保障出版社

www.lsp.com.cn

地址：北京海淀区

电话：010-61224222

图书在版编目(CIP)数据

加工中心操作与编程/肖琳娜主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2010
劳动预备制教材 职业培训教材
ISBN 978-7-5045-8265-2

I. 加… II. 肖… III. ①加工中心-操作-技术培训-教材②加工中心-程序设计-技术培训-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 051954 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 9.5 印张 224 千字

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

定价: 16.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前 言

《中华人民共和国就业促进法》规定：“国家采取措施建立健全劳动预备制度，县级以上地方人民政府对有就业要求的初高中毕业生实行一定期限的职业教育和培训，使其取得相应的职业资格或者掌握一定的职业技能。”

为进一步加强劳动预备制培训教材建设，满足各地实施劳动预备制对教材的需求，我们会同中国劳动社会保障出版社，对2000年出版的机械、电工、电子、计算机、汽车维修、餐饮服务、商业服务、服装制作、建筑等类劳动预备制培训的专业课教材组织有关人员进行修订改版，并新编了美容保健、数控加工、会计文秘类的专业课教材。

在组织修订、编写教材时，考虑到接受培训人员的实际水平，为了使学员在较短时间内掌握从业必备的基本知识和操作技能，我们力求做到学习的理论知识为掌握操作技能服务，操作技能实践课题与生产实际紧密结合，内容深入浅出、图文并茂，增强教材的实用性和可读性。同时，注意在教材中反映新知识、新技术、新工艺和新方法，努力提高教材的先进性。

为了在规定的期限内更好地完成劳动预备制培训，各专业按照公共基础课+专业课的模式进行教学。公共基础课教材为《法律常识》《职业道德》《就业指导》《计算机应用》《劳动保护知识》，《应用数学》《实用写作》《英语日常用语》《实用物理》《交际礼仪》，分为必修课和选修课。专业课教材分为专业基础知识教材和专业技术（理论和实训一体化）教材。

在这批教材的修订、编写过程中，编审人员克服各种困难，较好地完成了任务。在此，谨向付出辛勤劳动的编审人员表示衷心感谢。

由于编写时间有限，教材中可能有一些不足之处，我们将在教材使用过程中听取各方面的意见，适时进行修改，使其趋于完善。

人力资源和社会保障部教材办公室

简介

本书是劳动预备制数控加工类专业技能课教材，参照企业生产实际岗位要求和相应的国家标准编写而成。本书以 FANUC 系统为例，以典型机械零件数控加工过程所涉及的基础知识与操作技能为主线，由易到难，逐步深入地介绍加工中心操作及编程。主要内容包括加工中心加工基础、轮廓零件的加工、孔系零件的加工、应用简化编程零件的加工、综合零件的加工、Cimatron 自动编程软件应用。

本书以任务驱动的形式组织教学内容，将理论和实践灵活地结合在一起，合理使用图形、表格等形象直观的表达方式，程序解释清楚，便于学员更好地掌握加工中心的理论知识与操作技能。

本书由肖琳娜主编，张智敏、付刚参编，梁东晓主审。

目 录

第一单元 加工中心加工基础	(1)
模块一 加工中心概述	(1)
模块二 加工中心加工工艺	(6)
第二单元 轮廓零件的加工	(13)
模块一 平面零件的加工	(13)
模块二 外轮廓零件的加工	(20)
模块三 内轮廓零件的加工	(27)
模块四 型腔零件的加工	(32)
模块五 槽类零件的加工	(37)
第三单元 孔系零件的加工	(42)
模块一 钻孔加工	(42)
模块二 铰孔加工	(49)
模块三 铰孔加工	(55)
模块四 攻螺纹加工	(60)
模块五 镗孔加工	(67)
第四单元 应用简化编程零件的加工	(76)
模块一 应用镜像指令零件的加工	(76)
模块二 应用旋转指令零件的加工	(81)
模块三 应用缩放指令零件的加工	(85)
第五单元 综合零件的加工	(92)
模块一 综合零件 1 的加工	(92)
模块二 综合零件 2 的加工	(98)
模块三 综合零件 3 的加工	(105)
第六单元 Cimatron 自动编程软件应用	(112)
模块一 图形绘制	(113)
模块二 刀具路径基本操作	(121)
模块三 后置处理	(130)
练习题参考答案	(136)
参考文献	(146)

第一单元 加工中心加工基础

模块一 加工中心概述

◎知识技能要求

1. 了解加工中心的分类。
2. 了解加工中心的加工特点。
3. 掌握加工中心的结构及各部分的功能。

一、加工中心的分类

1. 按照机床结构分类

(1) 立式加工中心。立式加工中心指主轴轴线垂直设置的加工中心，其结构形式多为固定立柱式，工作台为长方形、十字滑台，适合加工铣削类零件，具有三个直线运动坐标，并可在工作台上安装一个水平的数控转台以加工螺旋线类零件，如图 1—1 所示。立式加工中心的结构简单、占地面积小、价格低。

(2) 卧式加工中心。卧式加工中心指主轴轴线水平设置的加工中心。卧式加工中心有固定立柱式和固定工作台式。固定立柱式的卧式加工中心的立柱不动，主轴箱在立柱上作上下移动，工作台可在水平面上作两个方向 (X 、 Z) 移动，如图 1—2 所示。固定工作台式的卧式加工中心，其 Z 坐标的运动由立柱移动来定位，安装工件的工作台只完成 X 坐标移动。

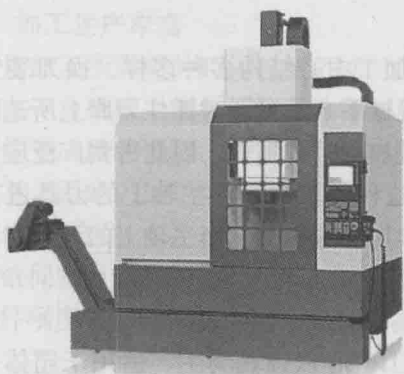


图 1—1 立式加工中心

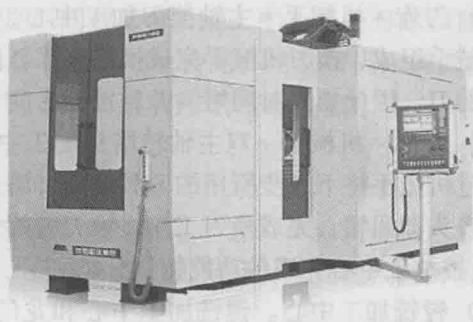


图 1—2 卧式加工中心

卧式加工中心通常带有可进行分度回转运动的正方形分度工作台，一般具有 3~5 个运动坐标，常见的是三个直线运动坐标 (沿 X 、 Y 、 Z 轴方向) 加一个回转运动 (回转工作台) 坐标，它能够使工件在一次装夹后完成除安装面和顶面以外的其余四个面的加工，最适合箱体类工件的加工。与立式加工中心相比，卧式加工中心的结构复杂、占地面积大、质

量大、价格也较高。

(3) 龙门式加工中心。龙门式加工中心的形状与龙门式铣床相似,如图 1—3 所示。主轴多为垂直设置,带有自动换刀装置和可更换的主轴头附件,数控装置的软件功能也较齐全,能够一机多用,尤其适用于加工大型或形状复杂的工件,如航天工业及大型汽轮机上的某些零件。

(4) 万能加工中心。这种加工中心具有立式和卧式加工中心的功能,在工件的一次装夹后,能完成除安装面外的所有五个面的加工,故又称五面加工中心。常见的五面加工中心有两种形式:一种是主轴可以旋转 90° ,既可以像立式加工中心那样工作,也可以像卧式加工中心那样工作;另一种是主轴不改变方向,而工作台可以带着工件旋转 90° ,完成对工件五个表面的加工,可以使工件的形位误差降到最低,省去二次装夹的工装,从而提高生产效率,降低加工成本。但由于五面加工中心存在结构复杂、造价高、占地面积大等缺点,所以它在生产中的使用远不如其他类型的加工中心广泛。

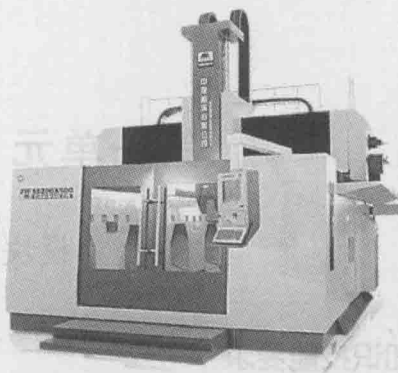


图 1—3 龙门式加工中心

2. 按自动换刀装置分类

(1) 转塔头加工中心。转塔头加工中心有立式和卧式两种,主轴数一般为 $6 \sim 12$ 个,这种结构换刀时间短、刀具数量少、主轴转塔头定位精度要求较高。一般在小型立式加工中心上采用转塔刀库形式,主要以孔加工为主。

(2) 刀库 + 主轴换刀加工中心。这种加工中心的特点是无机械手式主轴换刀,其换刀通过刀库和主轴箱的配合动作来完成,并由主轴箱上下运动进行选刀和换刀,一般把刀库放在主轴箱可以运动到的位置,或整个刀库能移动到主轴箱可以达到的位置,刀库中刀具的存放位置方向与主轴装刀方向一致。换刀时,主轴运动到刀位上的换刀位置,由主轴直接取走或放回刀具。

(3) 刀库 + 机械手 + 主轴换刀加工中心。这种加工中心结构多种多样,换刀装置由刀库和机械手组成,换刀机械手完成换刀工作。由于机械手卡爪可同时抓住刀库上所选的刀和主轴上的刀,因此换刀时间短,并且选刀时间与机械加工时间重合,因此得到广泛应用。

(4) 刀库 + 机械手 + 双主轴转塔头加工中心。这种加工中心在主轴上的刀具进行切削时,通过机械手将下一步所用的刀具换到转塔头的非切削主轴上。当主轴上的刀具切削完毕后,转塔头即回转,完成换刀工作,换刀时间短。

3. 按加工中心完成的功能特征分类

(1) 镗铣加工中心。镗铣加工中心和龙门式加工中心以镗铣为主,适用于箱体、壳体类零件加工以及各种复杂零件的特殊曲线和曲面轮廓的多工序加工,适用于多品种、小批量的生产方式。

(2) 钻削加工中心。钻削加工中心以钻削为主,刀库形式以转塔头形式为主,适用于中、小批量零件的钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹及连续轮廓铣削等多工序加工。

(3) 复合加工中心。复合加工中心主要指五面复合加工,可自动回转主轴头,进行立卧加工,主轴自动回转后,在水平面和垂直面实现刀具自动交换。

4. 按加工中心机械结构特征分类

按工作台种类分,加工中心工作台有各种结构,可分为单、双和多工作台。设置多工作台的目的是缩短零件的辅助准备时间,提高生产效率和机床自动化程度。最常见的是单工作台和双工作台两种形式。

5. 按主轴结构特征分类

根据主轴结构特征,可分为单轴、双轴、三轴及可换主轴箱的加工中心。

二、加工中心的特点

加工中心作为一种高效多功能的数控机床,在现代生产中扮演着重要角色。它可以自动连续地完成铣、钻、扩、铰、镗、攻螺纹等多工序加工,适合于小型板类、盘类、壳体类、模具等零件的多品种小批量加工。它除了具有数控机床的共同特点外,还具有以下特点。

1. 工序集中

加工中心的制造工艺与传统工艺及普通数控加工有很大不同。由于加工中心备有刀库并能自动更换刀具,对工件进行多工序加工,使得工件在一次装夹后,数控系统能控制机床按不同工序自动选择和更换刀具,自动改变机床主轴转速、进给量和刀具相对工件的运动轨迹及其他辅助机能,现代加工中心更大程度地使工件在一次装夹后实现多表面、多特征、多工位的连续、高效、高精度加工,即工序集中。这是加工中心最突出的特点。

2. 强力切削

主轴电动机的运动经一对齿形带轮传到主轴,主轴转速的恒功率范围宽,低转速的转矩大,机床的主要构件刚度高,故可以进行强力切削。因为主轴箱内无齿轮传动,所以主轴运转时噪声低、振动小、热变形小。

3. 对加工对象的实用性强

四轴联动、五轴联动加工中心的应用以及 CAD/CAM 技术的发展,使复杂零件的自动加工变得容易,加工中心生产的柔性不仅体现在对特殊要求的快速反应上,而且可以快速实现批量生产,提高了企业的市场竞争能力。

4. 加工生产率高

零件加工所需要的时间包括机动时间与辅助时间两部分。加工中心带有刀库和自动换刀装置,在一台机床上能集中完成多种工序,因而可减少工件装夹、测量和机床的调整时间,减少工件半成品的周转、搬运和存放时间,使机床的切削利用率比普通机床高 3~4 倍,达 80% 以上,因此,加工中心生产率高。

5. 高速定位

进给伺服电动机的运动经联轴器和滚珠丝杠副,使 X 轴、Y 轴和 Z 轴获得高速移动。机床基础件刚度高,使机床在高速移动时振动小,低速移动时无爬行,并且有较高的精度稳定性。

6. 减轻操作者的劳动强度

加工中心对零件的加工是按事先编好的程序自动完成的,操作者除了操作键盘、装卸零件、进行关键工序的中间测量以及观察机床的运动外,不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度和紧张程度均可大大减轻,劳动条件也得到很大的改善。

7. 随机换刀

驱动刀库的伺服电动机经蜗轮蜗杆副使刀库回转,机械手的回转、取刀、装刀机构均由

液压系统驱动，自动换刀装置结构简单，换刀可靠，由于它安装在立柱上，故不影响主轴箱的移动精度。采用记忆式的任选换刀方式，每次选刀运动，刀库正转或反转均不超过 180° 。

8. 经济效益高

使用加工中心加工零件时，分摊在每个零件上的设备费用是较昂贵的，但在单件、小批量生产的情况下，可以节省许多其他方面的费用，因此能获得良好的经济效益。加工中心的加工稳定，减少了废品率，使生产成本进一步下降。

9. 有利于生产管理的现代化

用加工中心加工零件，能够准确地计算零件的加工工时，并有效地简化了检验和工夹具、半成品的管理工作。这些特点有利于使生产管理现代化。当前有许多大型 CAD/CAM 集成软件已经开发了生产管理模块，实现了计算机辅助生产管理。

三、加工中心机械结构的主要组成部分

1. 机床基础件（如床身、底座等）

2. 主传动系统（包括主轴电动机及传动部分）

主传动部分是数控机床的组成部分之一，主轴夹持刀具旋转，直接参与工件表面成形运动。主轴部件的刚度、精度、抗振性和热变形对工件加工质量影响较大。主轴转速高低及范围、传递功率大小和动力特性，决定了工件的切削加工效率和加工工艺能力。大多数主轴都采用无级变速运动，调速范围大，传动方式一般有齿轮传动方式、带传动方式以及电动机直接传动方式等。数控铣床及加工中心主轴组件一般由轴承、支撑、传动件和刀具夹紧等装置组成。主轴轴承的类型、结构、配置和精度直接影响组件的工作性能。

3. 进给系统

进给传动系统承担了数控机床各直线坐标轴、回转轴的定位和切削进给，进给系统的传动精度、灵敏度和稳定性直接影响被加工工件的轮廓和加工精度。进给系统由联轴器、滚珠丝杠、导轨等组成。导轨必须摩擦因数小、耐磨能力强，常用导轨有高频淬火导轨、贴塑导轨等，高档的还有滚动导轨、线导轨、液压导轨等。滚珠丝杠副是回转运动与直线运动相互转换的传动装置。机床能在高速进给下达到工作平稳、定位精度高，没有高刚度、无间隙、高灵敏度和低摩擦阻力的滚珠丝杠作为支撑是不行的。

4. 实现工件回转、定位的装置和附件

为了扩大数控机床加工范围，提高生产效率，机床除了有沿 X 、 Y 、 Z 三个坐标方向的直线进给运动外，有的还需配备有绕 X 、 Y 、 Z 轴的圆周进给运动。实现回转运动通常采用回转工作台和分度工作台。分度工作台只是将工件分度转位，实现分别加工工件的各个表面的目的，给零件加工带来很多方便。而回转工作台除了分度和转位的功能外，还能实现圆周进给运动。

5. 自动换刀装置（ATC）

一般数控铣床的主轴中只能装备一把刀，要更换刀具时，只能靠配备的主轴机构进行手动换刀。而加工中心配备一定数量刀具的存储装置，为了完成工件的多工序加工需要进行刀具更换，这种装置称为自动换刀装置（ATC）。其基本要求是刀具换刀时间短且可靠性高，刀具重复定位精度高，有足够的刀具容量且占地面积小。

带刀库的自动换刀系统由刀库和换刀机构组成，刀库可以存放很多刀具。刀库类型分为盘式、链式和箱式。盘式刀库又称斗笠式刀库，容量较小；链式刀库容量较大，一般可配备

30 把以上的刀具；箱式刀库容量更大，空间利用率高，但是换刀时间长。刀库与主轴交换刀具的方式通常有机械手交换刀具方式和通过刀库与机床主轴的相对运动进行刀具交换方式。其交换方式及它们的具体结构直接影响机床的工作效率和可靠性。

6. 自动托盘交换装置 (APC)

自动托盘交换装置不仅是加工系统与物流系统间的工件输送接口，也起到物流系统工件缓冲站的作用。托盘交换装置按其运动方式有回转式和往复式两种，托盘交换器在机床运行时是加工中心的一个辅件，完成或协助完成物料（工件）的装卸与交换，并起缓冲作用。

7. 辅助装置（如液压、气动、润滑、冷却、排屑、防护等装置）

数控机床配备液压和气动装置来完成自动运行功能，其结构紧凑，工作可靠，易于控制和调节，液压传动装置使用工作压力高的油性介质，动作平稳，噪声较小；气动装置的气源容易获得，结构简单，动作频率高，适合频繁启动的辅助工作。主轴的自动松开和夹紧，交换工作台的自动交换动作，自动换刀时机械手的伸缩、回转及刀具的松开和拉紧等都离不开液压和气动等装置。

排屑装置的主要作用是将切屑从加工区域排出到数控机床之外，切屑中混着切削液，排屑装置将切屑从其中分离出来送入切屑小车。

8. 工具系统

生产中广泛使用数控铣床及加工中心来加工各种不同的工件，所以刀具装夹部分的结构、尺寸也是多种多样的。把通用性较强的装夹工具系列化、标准化就有了不同结构的工具系统，它一般分为整体式结构和模块式结构两大类。整体式刀具系统基本上由整体柄部和整体刃部（整体式刀具）组成，传统的钻头、铣刀、铰刀等就属于整体式刀具。模块式刀具系统是把整体式刀具系统按功能进行分割，做成系列化的标准模块（如刀柄、刀杆、接长杆、接长套、刀夹、刀体、刀头、刀刃等），再根据需要快速地组装成不同用途的刀具，当某些模块损坏时可部分更换。这样既便于批量制造，降低成本，也便于减少用户的刀具储备，节省开支。因此模块式刀具系统在使用中备受推崇。

常用的是 40 号、45 号、50 号 7:24 长圆锥柄，在该系列中，我国的 GB/T 10944—1989、德国的 DIN69871、美国的 ANSIL5.50 都已与 ISO 7388 标准趋于一致，在主轴端为同一锥度号的主轴孔，以及刀库、换刀机械手之间互相通用。如 JT40 - XS16 - 75，其中 JT40 表示刀柄形式及尺寸，其后数字为相应的 ISO 锥度号，40 代表大端直径为 44.45 mm 的 7:24 锥度；JT 表示采用日本标准 MAS403 号加工中心机床用锥柄形式；XS16 表示刀柄用途及主参数（MW 装无扁尾莫氏锥柄刀柄，XS 装三面刃铣刀刀柄，M 装有扁尾莫氏锥柄刀柄，Z 或 J 装钻夹头刀柄，XP 装削平柄铣刀刀柄），16 表示工具的工作特性；75 为其轮廓尺寸 D 或 L 。

四、加工中心的选用

加工中心的选用主要由加工零件的复杂程度、精度、加工工序等因素确定。

一般来说，具备下列特点的零件适合在加工中心上加工：需要用许多把刀具在一个工件上进行加工的零件；有定位孔距精度要求的多孔加工，定位繁琐的工件；重复生产的工件；复杂形状的零件，如模具、航空用零件等；能借助自动编程软件编程的各种异形零件。箱体类、板类零件适合在卧式加工中心上加工，如主轴箱体、泵体、阀体、内燃机缸体等。连顶面也要在一次装夹中加工完成，可选用五面体加工中心。立式加工中心适合加工箱盖、缸

盖、平面凸轮等。龙门加工中心用于加工大型箱体、板类零件，如内燃机车缸体、加工中心立柱、床身等。

五、选择加工中心加工零件时的注意事项

(1) 由于零件加工的工序多，使用的刀具种类多，甚至在一次装夹下，要完成粗加工、半精加工与精加工，应周密合理地安排各个工序的加工顺序，有利于提高产品的质量与生产效率。

(2) 根据加工批量等情况决定换刀形式，换刀比较频繁时，就应选择加工中心进行加工，而对于换刀不频繁、工序单一的加工，宜采用铣床加工，这样可减少刀具的调整时间，提高效率。

(3) 加工编程时应充分考虑到换刀的空间，以免发生撞刀事故，有条件的采用机外预调刀具参数，便于操作者在运行程序前，及时修改刀具补偿参数。

(4) 检验与试切工作。由于手工编程有很多人为因素造成的错误，所以在加工前要认真进行程序的检查与校验，以防事故发生。

练 习 题

一、判断题（正确的画“√”，错误的画“×”）

1. 数控铣床（加工中心）工具系统一般其柄部为7:24锥度，有ISO、CAT、BT等不同的标准，其中BT是美国的国家标准。（ ）
2. 加工中心的铣刀或刀杆是在前端柱孔内定位。（ ）
3. 中间模块是刀柄和刀具之间的中间连接装置，提高了刀柄的通用性能。（ ）
4. 带刀库的自动换刀系统由刀库和换刀机构组成，刀库可以存放很多刀具。（ ）

二、填空题（将正确答案写在横线上）

1. 立式加工中心指主轴轴线_____设置的加工中心。
2. 卧式加工中心指主轴轴线_____设置的加工中心。
3. 一般在小型立式加工中心上采用转塔刀库形式，主要以_____加工为主。
4. 加工中心最突出的特点是_____。

三、简答题

1. 适合在加工中心上加工的零件有哪些？
2. 选择加工中心加工零件时有哪些注意事项？

模块二 加工中心加工工艺

◎知识技能要求

1. 能进行零件图的工艺性分析。
2. 能确定定位与夹紧方案。
3. 能正确选择夹具。

4. 能确定加工顺序。
5. 能确定刀具进给路线。
6. 能正确选择刀具。
7. 能够制定合理的数控铣削加工工艺方案。

◎加工要求

在生产中，编制程序之前，首先要看懂图样和工艺要求，明确工艺过程，合理地选择刀具、夹具及切削用量。数控铣削加工工艺制定得合理与否，对程序编制、机床的加工效率和零件的加工精度都有重要影响。

◎加工任务

如图1—4所示的典型平面类零件，材料为铸件，切削加工性较好。编制其加工工艺方案。

一、零件图样工艺分析

平面凸轮零件是数控铣削加工中常见的零件之一，其轮廓曲线组成不外乎直线—圆弧、圆弧—圆弧、圆弧—非圆曲线及非圆曲线等几种。所用数控机床多为两轴以上联动的数控机床。加工工艺过程也大同小异。

图1—4所示的零件是一种平面槽形凸轮，其轮廓由圆弧 HA 、 BC 、 DE 、 FG 和直线 AB 、 HG 以及过渡圆弧 CD 、 EF 所组成，需要两轴联动的数控机床加工。

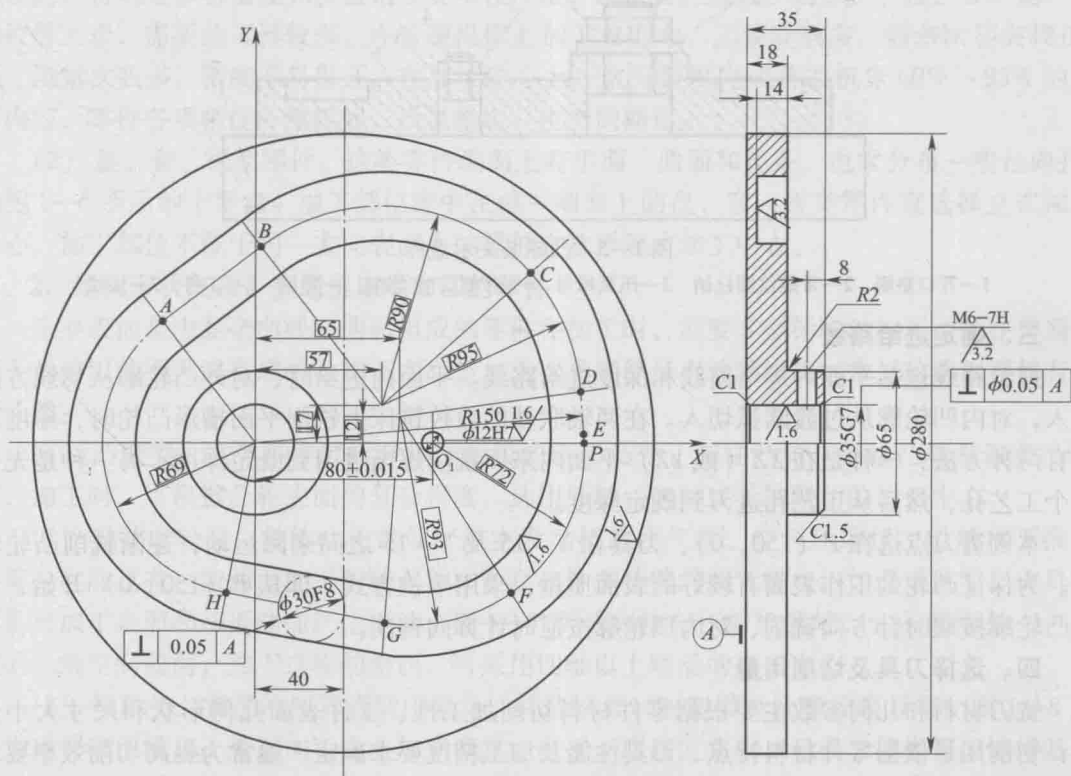


图1—4 典型平面类零件

该零件在数控铣削加工前,工件是一个经过加工、含有两个基准孔、直径为 280 mm、厚度为 18 mm 的圆盘。圆盘底面 A 及 $\phi 35G7$ 和 $\phi 12H7$ 两孔可用作定位基准,无需另作工艺孔定位。

凸轮槽组成几何元素之间关系清楚,条件充分,编程时,所需基点坐标很容易求得。

凸轮槽内外轮廓面对 A 面有垂直度要求,只要提高装夹精度,使 A 面与铣刀轴线垂直,即可保证; $\phi 35G7$ 对 A 面的垂直度要求已由前工序保证。

二、确定装夹方案

一般大型凸轮可用等高垫块垫在工作台上,然后用压板螺栓在凸轮的孔上压紧。外轮廓平面盘形凸轮的垫块要小于凸轮的轮廓,不与铣刀发生干涉。对小型凸轮,一般用心轴定位、压紧即可。

根据图 1—4 所示凸轮的结构特点,采用“一面两孔”定位,设计一“一面两销”专用夹具。用一块 320 mm × 320 mm × 40 mm 的垫块,在垫块上分别精镗, $\phi 35$ mm 及 $\phi 12$ mm 两个定位销安装孔,孔距为 (80 ± 0.015) mm,垫块平面度为 0.05 mm,加工前先固定垫块,使两定位销孔的中心连线与机床的 X 轴平行,垫块的平面要保证与工作台面平行,并用百分表检查。

图 1—5 所示为凸轮零件的装夹方案示意图。采用压紧螺母 3 夹紧,提高装夹刚度,防止铣削时振动。

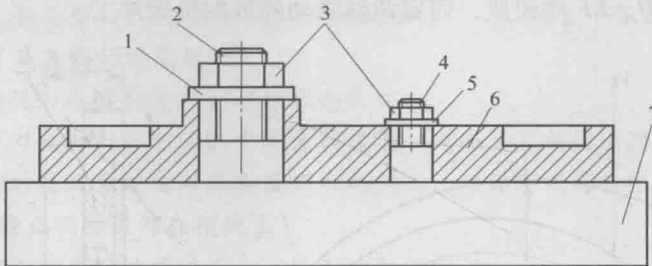


图 1—5 凸轮装夹示意图

1—开口垫圈 2—带螺纹圆柱销 3—压紧螺母 4—带螺纹削边销 5—垫圈 6—工件 7—垫块

三、确定进给路线

进给路线包括平面内进给路线和深度进给路线。平面内进给时,对外凸轮廓从切线方向切入,对内凹轮廓从过渡圆弧切入。在两轴联动的数控铣床上铣削平面槽形凸轮时,深度进给有两种方法:一种是在 XZ (或 YZ) 平面内来回铣削逐渐进刀到既定深度;另一种是先打一个工艺孔,然后从工艺孔进刀到既定深度。

本例进刀点选在 $P(150, 0)$, 刀具在 $Y-15$ 及 $Y+15$ 之间来回运动,逐渐铣削凸轮轮廓。为保证凸轮的工作表面有较好的表面质量,采用顺铣方式,即从 $P(150, 0)$ 开始,对外凸轮廓按顺时针方向铣削,对内凹轮廓按逆时针方向铣削。

四、选择刀具及切削用量

铣刀材料和几何参数主要根据零件材料切削加工性、工件表面几何形状和尺寸大小选择;切削用量依据零件材料特点、刀具性能及加工精度要求确定。通常为要提高切削效率要尽量选用大直径的铣刀;侧吃刀量取刀具直径的三分之一到二分之一,背吃刀量应大于冷硬层厚度;切削速度和进给速度应通过试验选取效率和刀具寿命的综合最佳值。精铣时切削速度

应高一些。

本例的零件材料(铸铁)属于一般材料,切削加工性较好,选用 $\phi 18$ mm 硬质合金立铣刀,主轴转速取 $900 \sim 1\,500$ r/min,进给速度取 $100 \sim 200$ mm/min。槽深 14 mm,铣削余量分三次完成,第一次背吃刀量 8 mm,第二次背吃刀量 5 mm,剩下的 1 mm 随同轮廓精铣一起完成。凸轮槽两侧面各留 $0.5 \sim 0.7$ mm 精铣余量。在第二次进给完成之后,分别对凸轮槽两侧面精铣一次,达到图样要求的尺寸。

◎加工知识

一、加工中心适宜加工的对象

根据加工中心的工艺特点,加工中心适宜加工形状复杂、加工内容多、要求较高、需用多种类型的普通机床和众多的工艺装备且经多次装夹和调整才能完成加工的零件。主要的加工对象有下列几种:

1. 既有平面又有孔系的零件

加工中心具有自动换刀装置,在一次安装中,可以完成零件上平面的铣削,孔系的钻削、镗削、铰削、铣削及攻螺纹等多工步加工。加工的部位可以在一个平面上,也可以在不同的平面上。五面加工中心一次安装可以完成除装夹面以外的五个面的加工。因此,既有平面又有孔系的零件是加工中心的首选加工对象,常见的有箱体类零件和盘、套、板类零件。

(1) 箱体类零件。箱体类零件有很多,一般都要进行多工位孔系及平面加工,精度要求较高,特别是形状精度和位置精度要求较严格,通常要经过铣、钻、扩、镗、铰、锪、攻螺纹等工步,需要的刀具较多,在普通机床上加工难度大,工装套数多,需多次装夹找正,手工测量次数多,精度不易保证。在加工中心上一次安装可完成普通机床 $60\% \sim 95\%$ 的工序内容,零件各项精度一致性好,质量稳定,生产周期短。

(2) 盘、套、板类零件。这类零件端面上有平面、曲面和孔系,也常分布一些径向孔,如图1—6所示的十字盘。加工部位集中在单一端面上的盘、套、板类零件宜选择立式加工中心,加工部位不位于同一方向表面上的零件宜选择卧式加工中心。

2. 结构形状复杂、普通机床难加工的零件

主要表面是由复杂曲线、曲面组成的零件在加工时,需要多坐标联动加工,这在普通机床上是难以甚至无法完成的,加工中心是加工这类零件最有效的设备。常见的典型零件有以下几类:

(1) 凸轮类。这类零件包括有各种曲线的盘形凸轮、圆柱凸轮、圆锥凸轮和端面凸轮等,加工时,可根据凸轮表面的复杂程度,选用三轴、四轴或五轴联动的加工中心。

(2) 整体叶轮类。整体叶轮常见于航空发动机的压气机、空气压缩机、船舶水下推进器等,它除具有一般曲面加工的特点外,还存在许多特殊的加工难点,如通道狭窄,刀具很容易与加工表面和邻近曲面产生干涉。图1—7所示为轴向压缩机涡轮,它的叶面是一个典型的三维空间曲面,加工这样的型面,可采用四轴以上联动的加工中心。

(3) 模具类。常见的模具具有锻压模具、铸造模具、注塑模具及橡胶模具等。图1—8所示为连杆锻压模具。采用加工中心加工模具,由于工序高度集中,动模、静模等关键件基本上是在一次安装中完成全部精加工内容,尺寸累积误差及修配工作量小,而且模具的可复制性强,互换性好。

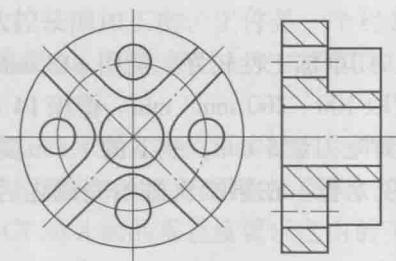
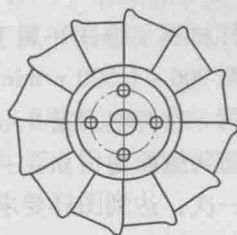


图 1—6 十字盘



1—7 轴向压缩机涡轮

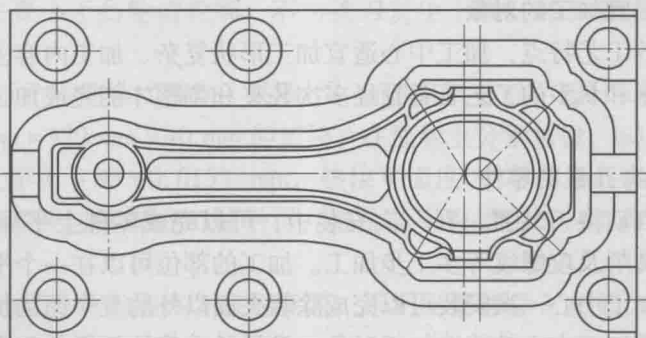


图 1—8 连杆锻压模具简图

3. 外形不规则的异形零件

异形零件是指支架（见图 1—9）、拨叉类外形不规则的零件，大多需要点、线、面多工位混合加工。由于外形不规则，在普通机床上只能采取工序分散的原则进行加工，需用工装较多，周期较长。利用加工中心多工位点、线、面混合加工的特点，可以完成大部分甚至全部工序内容。

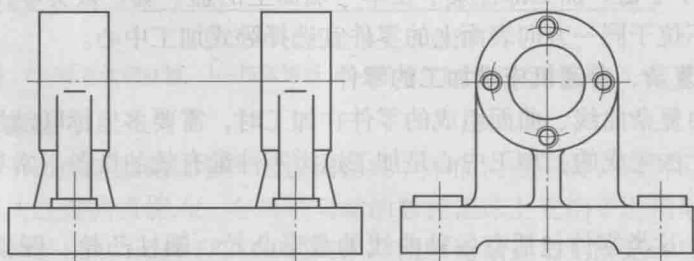


图 1—9 支架

以上是根据零件特征选择的适合加工中心加工的几种零件，此外，还有下面一些适合加工中心加工的零件。

4. 周期性投产的零件

用加工中心加工零件时，所需工时主要包括基本时间和准备时间，其中，准备时间占很大比例。例如工艺准备、程序编制、零件首件试切等，这些时间往往是单件基本时间的几十倍。采用加工中心可以将这些准备时间的内容储存起来，供以后反复使用。这样，对周期性投产的零件，生产周期就可以大大缩短。

5. 加工精度要求较高的中小批量零件

针对加工中心加工精度高、尺寸稳定的特点，对加工精度要求较高的中小批量零件，选择加工中心加工，容易获得所要求的尺寸精度和形状位置精度，并可得到很好的互换性。

6. 新产品试制中的零件

在新产品定型之前，需经反复试验和改进。选择加工中心试制，可省去许多用通用机床加工所需的试制工装。当零件被修改时，只需修改相应的程序及适当地调整夹具、刀具即可，节省了费用，缩短了试制周期。

二、加工中心的换刀功能

自动刀具交换的指令为 M06，在 M06 后用 T 功能来选择所需的刀具。M06 中有 M05 功能，因此用了 M06 后必须设置主轴转速与转向。刀具号由 T 后的两位数字（BCD 代码）来指定。

在刀库刀具排满时，主轴上无刀，此时主轴上的刀号是 T00。换刀后，刀库内无刀的刀套上的刀号为 T00。例如，T02 号刀换到主轴上，此时刀库中的 2 号刀变成了 T00，而且刀库中 T02 号刀套上为空刀。

编程时可以使用两种方法：

1. N × × × × G28 Z __ T × × ；

∴

N × × × × M06 ；

∴

执行该程序段后，T × × 号刀由刀库中转至换刀刀位，作换刀准备，此时执行 T 指令的辅助时间与机动时间重合。本次所交换的为前段换刀指令执行后转至换刀刀位的刀具。

例如：

N0110 G01 X __ Y __ Z __ T01 ；

N0120

N0130

N0140 G28 Z __ M06 ；

∴

N0200 T02 ；

N0210

N0220 G28 Z __ M06 ；

∴

在 N0140 段换的是在 N0110 段选出的 T01 号刀，即在 N0200 ~ N0220（不包括 N0220 段）段中加工所用的是 T01 号刀。在 N0220 段换上的是 N0200 段选出的 T02 号刀，即在 N0220 下段开始用 T02 号刀加工。在执行 N0110 与 N0220 段的 T 功能时，不占用加工时间。

2. N × × × × G28 Z __ T × × M06 ；

∴

返回参考点时，刀库先将 T × × 号刀具转出，然后进行刀具交换，换到主轴上去的刀具为 T × ×。若回参考点的时间小于 T 功能执行时间，则要等到刀库中相应的刀具转到换刀刀位以后才能执行 M06，因此，这种方法占用的机动时间较长。例如：