

机电一体化技术国家级高水平专业群新形态系列教材

数控车 / 铣加工技术

杨秀琴 李振威 主 编
苏红磊 井 源 副主编
杨晓涛 王 欢 王振华 刘亚川 王绍存 参 编

国家开放大学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车 / 铣加工技术 / 杨秀琴, 李振威主编. —北京: 国家开放大学出版社, 2023.12
ISBN 978-7-304-12165-5

I. ①数… II. ①杨… ②李… III. ①数控机床-车削-职业教育-教材②数控机床-铣床-职业教育-教材
IV. ①TG519.1 ②TG547

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2024) 第 006697 号

版权所有, 翻印必究。

机电一体化技术国家级高水平专业群新形态系列教材
数控车 / 铣加工技术

SHUKONG CHE/XI JIAGONG JISHU

杨秀琴 李振威 主 编

苏红磊 井 源 副主编

出版·发行: 国家开放大学出版社

电话: 营销中心 010-68180820 总编室 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 王鑫鑫 鄞子钰

版式设计: 何智杰

责任编辑: 刘 慧 王鑫鑫

责任校对: 吕昀谿

责任印制: 武 鹏 沙 烁

印刷:

版本: 2023 年 12 月第 1 版

2023 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 24.75 字数: 430 千字

书号: ISBN 978-7-304-12165-5

定价: 58.00 元

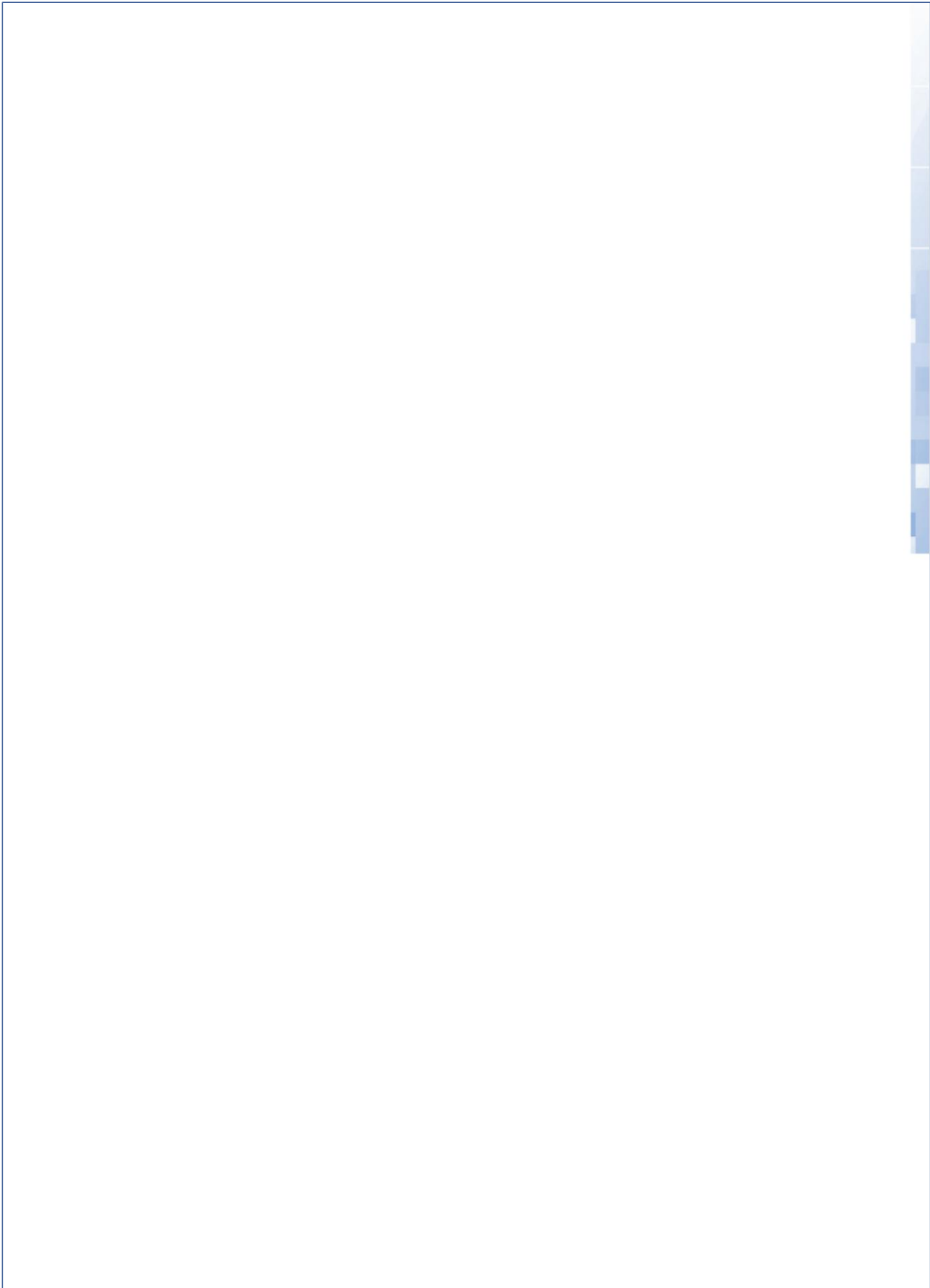
(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

意见及建议: OUCP_ZYJY@ouchn.edu.cn

内容简介

本书按照“工学结合”的新思路，遵照“1+X”数控车/铣加工职业技能等级标准，根据课程性质，选用“行动导向”的课程范型，以“工艺过程”为主线设计课程内容，以“任务驱动、项目导向”来组织教学内容；在课程内容设计方面，按照数控车/铣加工职业岗位（数控编程员、数控工艺员和数控操作工）的工作内容及工作过程，以及相应核心职业岗位所需的能力进行教、学、做一体化的设计，将理论、实操、考证结合为一体。通过对本书内容的学习，学生能够较为全面地掌握数控车削和数控铣削的加工工艺和数控编程知识，并能应用编程代码按照合理工艺编制出加工程序，最终加工出合格零件。

本书编程部分以当前较为普及的华中HNC-818A数控系统和发那科（FANUC）数控系统指令应用为例，详细介绍了各类代码的编写格式与应用特点，并用实例加以说明，内容浅显易懂。



PREFACE | 前言

本书按照“工学结合”的新思路，依照数控车/铣加工职业技能标准，以“工艺过程”为主线安排教学内容。本书首先较为详细地介绍了数控车/铣加工技术涉及的领域、内容及特点，使读者对数控车削和数控铣削加工技术有一个全面的了解，然后针对数控机床设备的加工特点与工艺内容，把数控加工工艺与编程基础知识贯穿在由简单到复杂的任务中进行讲解。通过对本书的学习，学生能够较为全面地掌握数控车削和数控铣削的加工工艺和数控编程知识，并能按照合理工艺编制出加工程序，最终加工出合格零件。本书以零件加工过程中的工艺过程为主线，使理论与实践有机结合在一起，并且引用经过检验的加工实例，可操作性、实践性强。

本书编程部分以当前较为普及的华中HNC-818A数控系统和发那科(FANUC)数控系统指令应用为例，详细介绍了各类代码的编写格式与应用特点，并用实例加以说明，内容浅显易懂，另外，本书部分任务后附有练习题，以便学生课后巩固所学知识。

本书首堂课、项目一的任务一到任务五由宁夏职业技术学院杨秀琴老师编写；项目一的任务六到任务九、项目二由宁夏职业技术学院李振威老师编写；项目三的任务一到任务四的子任务一、项目五由宁夏职业技术学院苏红磊老师编写；项目三的任务四的子任务二到任务六、项目四由宁夏职业技术学院井源老师编写；宁夏职业技术学院王欢老师负责企业案例的整理及教学内容的转化工作。全书由杨秀琴老师统稿、审稿；宁夏维尔铸造有限责任公司王振华高级工程师和杨秀琴老师共同审核教材；宁夏乔锋机械制造有限公司杨晓涛总经理、共享智能装备有限公司刘亚川工程师、济南职业学院王绍存老师参与研讨编写。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、中等职业学校等的数控技术、智能控制技术、机电一体化技术、机械制造及其自动化、模具设计与制造等专业的教学使用教材，也可供工厂技术人员参考。

本书在编写过程中参阅了国内外同行的很多资料，在此向相关作者谨致谢意。限于编者的水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2023年5月

CONTENTS | 目录

首堂课	1
课堂任务 数控认知	1
项目一 数控车削加工入门	16
任务一 分析零件图样	16
任务二 数控车床的选择	26
任务三 加工工艺文件的填写	46
任务四 阶梯轴精加工程序的编制与调试	66
任务五 阶梯轴加工	90
任务六 螺纹轴加工	102
任务七 套筒加工	129
任务八 配合件的综合加工	141
任务九 椭圆螺纹轴加工	149
项目二 数控车削实战强化	163
任务一 偏心螺母加工	163
任务二 薄壁钻套加工	171
任务三 V形槽椭圆轴加工	179
任务四 盲配螺纹轴加工	189
项目三 数控铣削加工入门	197
任务一 分析零件图样	197
任务二 数控铣床的选择	208

任务三 数控铣削加工工艺文件的填写	221
任务四 程序编制	241
任务五 模具支撑座综合件加工	305
任务六 半圆球的宏程序加工	319
项目四 数控铣削实战强化	338
任务一 中级实操练习件	338
任务二 高级实操练习件	347
任务三 企业案例练习件	357
项目五 1+X 考证实战	367
任务一 数控车铣加工初级实践	367
任务二 数控车铣加工中级实践	377
参考文献	387

首堂课

课堂任务 数控认知

任务描述

了解数控相关岗位和岗位技能；了解本课程知识点与数控岗位的逻辑关系；了解最新数控机床的结构；通过观看产品的数控加工演示视频，了解数控技术的发展趋势。

任务目标

知识目标

1. 了解本书的内容和学习任务；
2. 了解本书中需要掌握的加工技能；
3. 掌握数控机床加工的最新趋势。

能力目标

1. 了解数控机床加工方法；
2. 了解数控机床的操作过程。

素质目标

1. 具有正确的世界观、人生观、价值观，具有社会责任感和参与意识；
2. 具有积极向上、努力奋斗的生活态度；
3. 具有较强的集体意识和团队合作精神，能够进行有效的人际沟通和协作。

学习导图



任务分析

任务书

通过观看数控加工视频，了解数控机床的最新发展趋势、数控编程的任务和数控机床的操作过程。

获取信息

了解数控工作岗位及岗位要求，明白本课程的学习目的和学习过程。

数控工作岗位及工作过程如图 0-1 所示。数控主要工作岗位类别与岗位技能要求如表 0-1 所示。

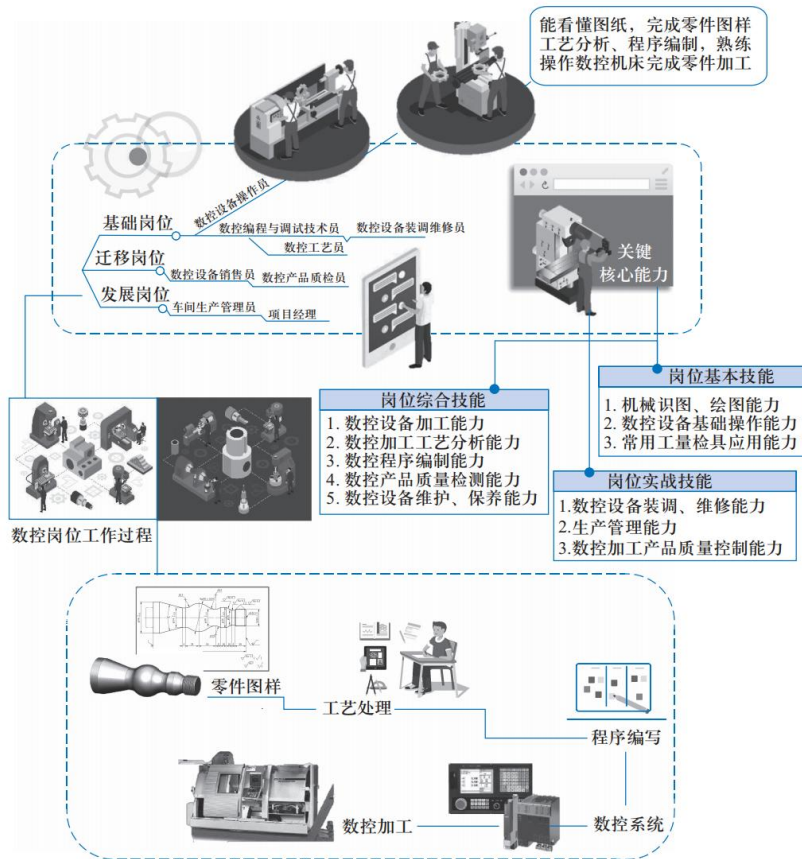


图 0-1 数控工作岗位及工作过程

表 0-1 数控主要工作岗位类别与岗位技能要求

岗位类别	岗位技能要求
数控设备操作员	能看懂图纸、进行程序编写和数控设备操作，具有一定的设备维护和保养知识
数控编程与调试技术员	能看懂图纸、分析零件加工工艺、计算坐标、优化加工工艺路线，完成数控程序编制
数控工艺员	能看懂图纸、编制工艺文件，完成零部件加工工艺优化
数控设备装调维修员	能完成零部件装配与调试，具备常规故障检测及维修技能

续表

岗位类别	岗位技能要求
数控产品质检员	具有较强的读图、识图能力，具有量检具的正确使用和维护能力
数控设备销售员	熟悉数控设备的参数及性能，具备常规数控设备操作及维护知识
车间生产管理员	熟悉车间生产流程，具有较好的领导组织能力

根据岗位需求，设置本课程内容及课时安排如图 0-2 所示。

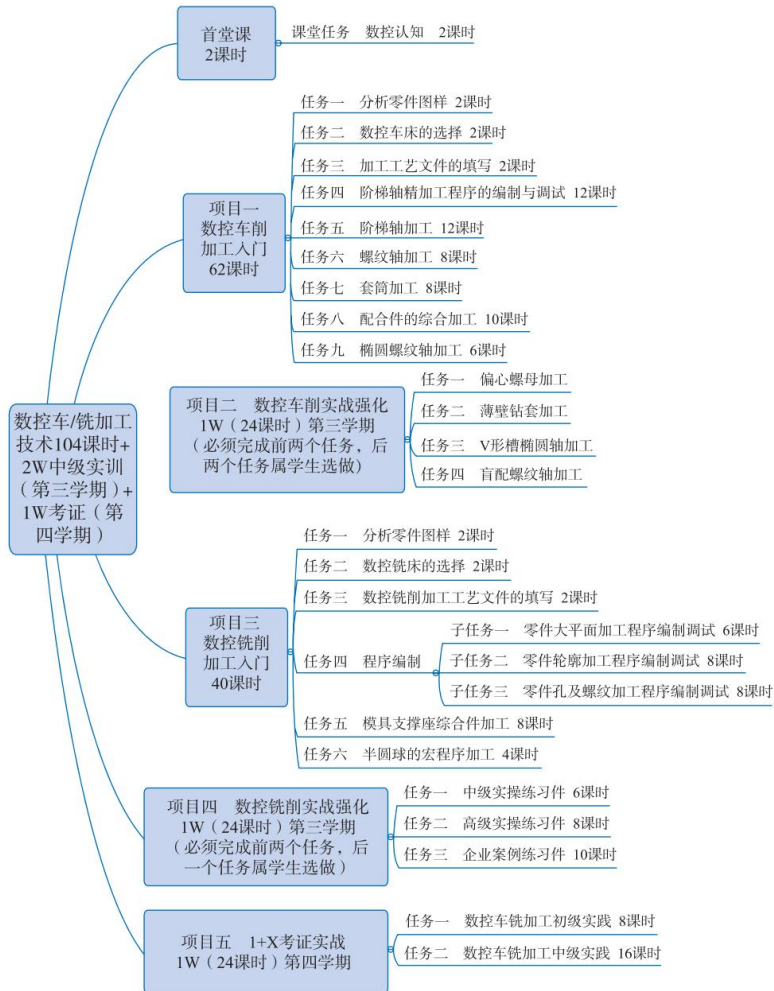


图 0-2 课程内容及课时安排

数控岗位与本课程知识点的逻辑关系如图 0-3 所示。

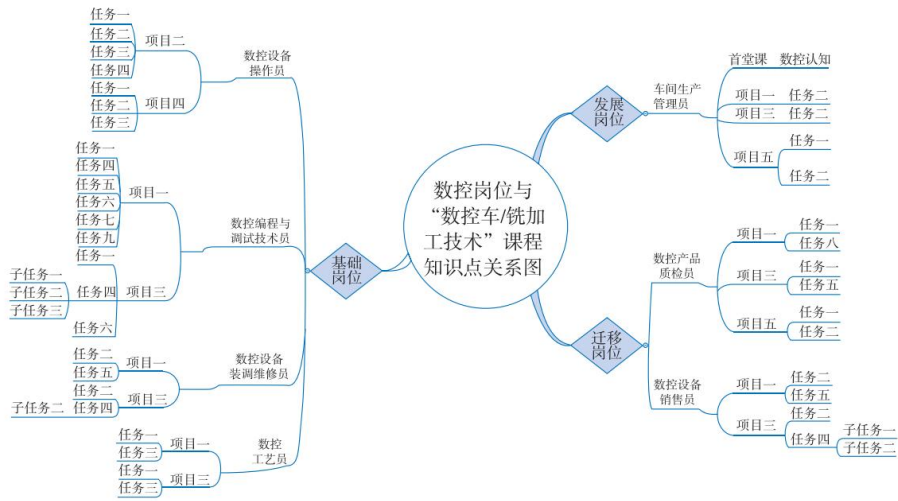


图 0-3 数控岗位与“数控车/铣加工技术”课程知识点的逻辑关系

▲ 引导问题 1: 你了解数控机床吗? 数控机床的作用是什么? 数控机床适合加工什么样的零件?

▲ 引导问题 2: 查阅资料, 找出普通机床和数控机床的区别。

▲ 引导问题 3: 什么是 NC 和 CNC ?



数控认知

▲ 引导问题 4: 数控车床和数控铣床适合加工什么样的零件?

 小提示

请参考“知识点二 数控机床主要加工对象”的相关内容。

▲ 引导问题 5: 简述数控机床的操作过程。

 相关知识

知识点一 数控加工技术的主要应用对象

制造业是国民经济的基础产业，它为国民经济各部门的发展提供所需的机器、仪器、工具等机械装备。可以说，没有制造业，就不可能有国家的真正繁荣和富强。科学技术的发展，尤其是计算机技术的发展，促使常规机械制造技术与精密检测技术、数控技术等相互结合。

在传统的机械制造中，单件小批量生产一般都采用通用机床加工，当产品改变时，机床与工艺装备均需做相应的变换和调整，而且通用机床的自动化程度不高，基本上由人工操作，难以提高生产效率和保证产品质量。特别是一些由曲线、曲面轮廓组成的复杂零件，只能借助靠模和仿形机床加工，加工精度和生产效率受到很大的限制。为了解决多品种、小批量及复杂零件机械加工自动化的需要，数控加工技术应运而生。采用数控加工手段，可以解决机械制造中常规加工技术难以解决甚至无法解决的单件小批量生产，特别是复杂型面零件加工的自动化问题。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。

从满足加工经济性并保证零件的技术要求等方面考虑，数控机床通常加工以下几类零件：

- (1) 小批量生产的复杂零件；
- (2) 形状复杂、精度要求较高的零件；
- (3) 价格较高、不允许报废的零件；
- (4) 由钻、镗、铰、攻螺纹及车削联合进行加工的零件。

知识点二 数控机床主要加工对象

一、适于数控车床加工的零件

1. 精度要求高的回转体零件

由于数控车床刚性好，制造和对刀精度高，能方便和精确地进行人工补偿和自动补偿，因此数控车床车削零件时一次装夹可完成多道工序的加工，从而对提高加工零件的位置精度特别有效。

2. 表面粗糙度要求高的回转体零件

数控车床具有恒线速切削功能，能加工出表面粗糙度值小而均匀的零件。在材质、精车余量和刀具已定的情况下，表面粗糙度取决于进给量和切削速度。使用数控车床的恒线速切削功能，就可选用最佳线速度来切削锥面和端面，使切削后的零件表面粗糙度能够保持一致。

3. 表面形状复杂的回转体零件

由于数控车床具有直线和圆弧插补功能，所以可车削由任意直线和曲线组成的形状复杂的回转体零件。

4. 带特殊螺纹的回转体零件

普通车床所能车削的螺纹相当有限，它只能车等导程的直螺纹，以及锥面的公、英制螺纹，而且一台车床只能限定加工若干种导程。数控车床具有加工各类螺纹的功能，可以配备精密螺纹切削功能，再加上一般采用硬质合金成形刀具及可以使用较高的转速，所以车削出来的螺纹精度高，表面粗糙度小。

二、适于数控铣床加工的零件

数控铣削加工是机械加工中最常用的加工方法之一，它主要包括平面铣削和轮

廓铣削，还可以对零件进行钻、扩、铰、镗、铹加工及攻螺纹等。数控加工中心从结构上看是带刀库的镗铣床，除铣削加工外，也可以对零件进行钻、扩、铰、镗、铹加工及攻螺纹等。数控铣床与数控加工中心工艺相似，主要适用于下面几类零件的加工。

1. 平面类零件

平面类零件是指加工面平行、垂直于水平面或其加工面与水平面的夹角为定角的零件，这类零件的特点是各个加工表面是平面，或可展开为平面。如图0-4所示的三个零件都属于平面类零件，其中的曲线轮廓面 M 和正圆台面 N 展开后均为平面。

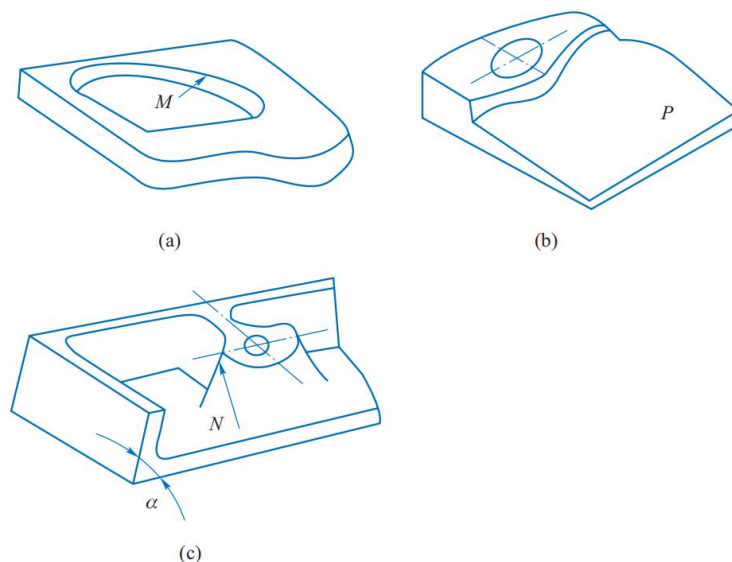


图 0-4 平面类零件

(a) 曲线轮廓面；(b) 倾斜面；(c) 正圆台面

2. 变斜角类零件

加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件称为变斜角类零件。图0-5是飞机上的一种变斜角梁缘条。变斜角类零件的变斜角加工面不能展开为平面，但在加工中，加工面与铣刀圆周接触的瞬间为一条直线。加工变斜角类零件最好采用四坐标和五坐标数控铣床摆角加工，在没有上述机床时，也可在三坐标数控铣床上进行二轴半控制的近似加工。

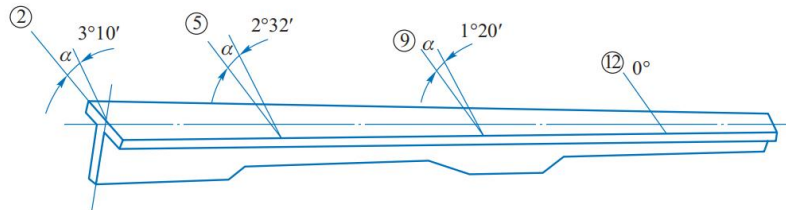


图 0-5 变斜角梁缘条

3. 曲面类零件

加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件。曲面类零件的加工面不仅不能展开为平面，而且它的加工面与铣刀始终为点接触。加工曲面类零件一般采用三坐标数控铣床。加工曲面类零件的刀具一般使用球头刀具，因为其他刀具加工曲面时更容易产生干涉而过切邻近表面。

知识点三 数控加工编程的主要内容

数控加工技术与常规加工技术的目的都是相同的，即加工出合格的工件，不同之处在于常规加工技术依靠技术工人按照工序卡片操作设备进行加工，数控加工技术依靠数控装置按照加工程序自动控制机床进行加工。加工程序是加工之前通过对零件图纸的工艺分析，按照一定的格式编写的程序。数控编程是指从分析零件图样到获得数控加工程序的全部工作过程。编程工作主要包括以下步骤：分析零件图样，确定加工工艺过程；数值计算；编写零件加工程序；程序输入；程序校验及首件加工等。

一、分析零件图样，确定加工工艺过程

分析零件图样，即分析零件的材料、形状、尺寸、精度和毛坯形状及热处理要求等。通过分析确定该零件是否适宜在数控机床上加工，以及适宜在何种数控机床上加工，再确定加工零件的工艺方法（包括采用的工夹具和装夹定位方法）和加工路线（包括对刀点、切削路线等），然后选定加工刀具并确定切削用量等工艺参数。

二、数值计算

根据零件图样的几何尺寸和所确定的加工路线及设定的坐标系，计算出数控机床所需输入的数据。当零件形状比较复杂时，就需要较复杂的数值计算过程，对于这种情况，需要借助计算机完成数值计算工作。

三、编写零件加工程序

根据计算出的加工路线数据和已确定的工艺参数、刀位数据，结合数控系统对输入信息的要求，编程人员可根据数控系统规定的功能指令代码及程序格式编写零件加工程序。

四、程序输入

程序输入有手动数据输入（manual data input, MDI）、介质输入、通信输入等方式。

五、程序校验

校验由于计算和编写程序造成的错误等，在有阴极射线管（cathode ray tube, CRT）图形显示功能的数控机床上进行模拟加工，看机床（刀具）的运动及模拟加工出的工件形状是否正确。

六、首件加工

程序校验结束后，必须在机床上试加工。因为校验方式只能检验出机床的运动是否正确，不能检查出被加工零件的加工精度。如果加工出来的零件不合格，那么需修改程序和机床参数再试，直到加工出满足零件图样要求的零件为止。

完成以上工作，并确认试加工的零件符合零件图样的质量、技术要求后，数控编程工作才算结束。

知识点四 数控加工程序编制的方法

数控加工程序的编制方法主要有两种：手工编程和自动编程。

一、手工编程

手工编程是指主要由人工来完成数控编程中各个阶段的工作。一般对于几何形状不太复杂的零件，其所需的加工程序不长，计算比较简单，用手工编程比较合适。

手工编程的特点：耗费时间较长，容易出现错误，无法胜任复杂形状零件的编程。

二、自动编程

自动编程是指在编程过程中，除了分析零件图样和制定工艺方案由人工进行外，其余工作均由计算机辅助完成。

知识点五 数控加工技术的特点及发展趋势

一、数控加工技术的特点

1. 高精度

数控加工的零件一般具有较高的精度要求，所以数控加工中要对数控机床的几何精度和加工精度进行控制。一般通过减小数控系统误差、提高数控机床的制造精度和稳定性来控制数控机床的几何精度，采用闭环补偿控制技术提高加工精度。高精度控制的数控精加工精度已经进入亚微米级，正在向纳米级的超精度加工发展。高精度是数控加工技术发展的目标。

2. 高速切削

高速切削是提高加工效率最有效的途径。高速切削有利于克服机床的振动、加速排屑、减少被加工件的热变形、减少机床主轴的切削力、提高工件的加工精度和表面质量。高速切削后一般不需要精加工。实现高速切削除要求机床具有好的刚性和高速的主轴系统外，还要求数控系统具有高速运算、快速插补、超高速通信的工作能力。高速切削是数控机床发展的主要方向。

3. 柔性化

柔性化是指数控机床适应加工对象的变化能力，即同一机床和数控系统可以加工不同形状、不同结构的零件。目前，单一数控系统的柔性自动化应用比较广泛，而单元柔性化和系统柔性化技术开发也是数控系统的发展方向。

4. 加工智能化

计算机数控（computer numerical control, CNC）系统是高智能的计算机控制系统，使整个或局部加工过程具有自适应、自诊断和自调整的能力；专家系统及多媒体人机接口使用户操作简单、方便，降低对操作者的要求。

5. 加工网络化

应用柔性制造系统（flexible manufacturing system, FMS）和计算机集成制造系统（computer integrated manufacturing system, CIMS）建立多种通信协议，借助 Internet 平

台，配备网络接口，实现远程的监视与控制加工、远程的技术检测与技术诊断。建立网络化加工系统，可以形成“全球制造”，实现技术资源全球共享。

二、数控加工技术的发展趋势

1. 数控装置方面

(1) 数控装置的微处理器中的 CPU (central processing unit, 中央处理器) 升级, 几年间主频由原来的 5 MHz 提高到 50 MHz、500 MHz 甚至更高, 并使结构模块化、标准化、通用化, 使数控功能可根据用户需要进行组合和扩展。

(2) 配置功能强的 PLC (programmable logic controller, 可编程逻辑控制器), CNC 与 PLC 之间通过高速接口有机地结合在一起。

(3) 配置多种高速远距离接口、智能接口, 如采用 RS232C、RS422 串行接口和适应工业控制网络协议的接口等; 采用光缆通信, 以提高与同级机和上位机进行多种数据交换的速度及可靠性。

(4) 发展数控软件。在数控软件的支持下, 除具有完善的直接用于控制加工的功能外, 还具有友好的人机对话功能、机床故障自诊断功能、机床保护功能、刀具管理功能等。

(5) 采用 AC (adaptive control, 自适应控制) 技术, 实现几何信息与工艺信息同时处理, 自动优化选择刀具和切削用量, 实现加工过程最佳化。

2. 伺服系统方面

(1) 采用高分辨率的位置检测装置、灵敏可靠的监控装置。

(2) 采用交流数字伺服系统和现代控制理论, 使伺服驱动不受机械负荷变动的影响, 并能高速响应。

3. 机床主体方面

提高机床的动态性能、热稳定性; 采用自动换刀装置和自动更换工件机构, 采用数控夹盘、数控夹具及其他机床附件。

4. 程序编制技术方面

(1) 发展自动编程、在线编程、远程编程和诊断的功能。

(2) 发展对机械加工技术中特殊及组合工艺方法的程序编制功能。

5. CAD/CAM、FMC、FMS 及 CIMS

(1) CAD/CAM 技术。CAD/CAM (computer aided design and manufacturing, 计算机辅助设计与制造) 技术是人们利用计算机完成产品设计和制造的一项技术, 是现

代制造中的核心技术之一。CAD 是在计算机环境下完成产品设计的创造分析和修改, 以达到预期的设计目的的过程。CAD 技术把产品的物理模型转化为产品的数据模型, 并把产品的数据模型存储在计算机内。

(2) FMC 与 FMS。FMC (flexible manufacturing cell, 柔性制造单元)。柔性制造单元主要由一台或多台数控设备组成, 既具有独立的自动加工的功能, 又部分具有自动传送和监控管理的功能。FMC 有两大类: 一类是数控机床配上机器人, 另一类是加工中心配上工作台交换系统。若干个 FMC 可组成一个 FMS (flexible manufacturing system, 柔性制造系统)。

FMS 是一个由中央计算机控制的柔性制造系统。它是由一个传输系统联系起来的一些数控机床和加工中心。传输装置将工件放在托盘或其他连接设备上, 送到加工设备, 使工件加工能够准确、迅速和自动地进行。

(3) CIMS (computer integrated manufacturing system, 计算机集成制造系统)。CIMS 利用计算机进行信息集成, 从而实现现代化的生产制造, 以求得企业的总体效益。CIMS 是建立在多项先进技术基础上的高技术制造系统, 它综合利用了 CAD/CAM、FMC、FMS 及工厂自动化系统, 是面向 21 世纪的生产制造技术。

总体上看, 数控加工技术正朝着高速化、高精度、高性能、高可靠性、集成化方向发展。

思政小故事

第 45 届世界技能大赛数控铣项目冠军——田镇基

技能筑梦, 技能成才。田镇基, 一名职业院校的学生, 通过自己的不懈努力, 站在了技能大赛的最高舞台!



第 45 届世界技能大赛数控铣项目冠军——田镇基

是于_____年开始研制数控机床的。

4. 数控编程的方法有_____和_____。

5. 数控车床主要用于_____、_____、_____和_____回转体零件的加工；数控铣床适合加工_____、_____、_____类的零件。

问题小贴士：

三、简答题

1. 什么是数控编程？数控编程的主要任务是什么？
2. 数控机床的发展趋势是什么？分别从哪些方面来提高它？
3. 数控铣床和加工中心有什么区别？
4. 查阅资料，简述实训工厂用的四种数控系统的特点。

项目一 数控车削加工入门

任务一 分析零件图样

任务描述

分析零件图样是工艺准备中的首要工作，必须熟悉零件在产品中的作用、位置、装配关系和工作条件，搞清楚各项技术要求对零件装配质量和使用性能的影响，找出主要的、关键的技术要求，然后对零件图样进行分析。零件图样的分析直接影响零件加工程序的编制及加工结果。

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准，正确识读三角螺纹配合件零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据机械制图国家标准，正确识读具有凸台、内槽、固定孔等特征的车削加工件的形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	

任务目标

知识目标

掌握识图的方法与步骤。

能力目标

1. 根据给定的数控车削技能考核零件图样，进行零件的加工内容分析；
2. 根据结构分析，选择适合数控加工的内容和工序。

素质目标

1. 具有良好的职业道德和职业素养；
2. 具有严谨细致、专注负责的态度；
3. 诚实守信、爱岗敬业，具有精益求精的工匠精神。

学习导图



任务分析

任务书

如图 1-1-1 所示为三角螺纹配合件，图 1-1-2 所示为其二维图，分析三角螺纹配合件的结构工艺性。

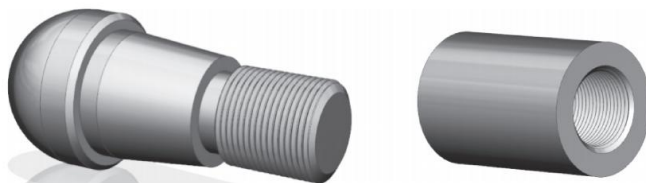


图 1-1-1 三角螺纹配合件

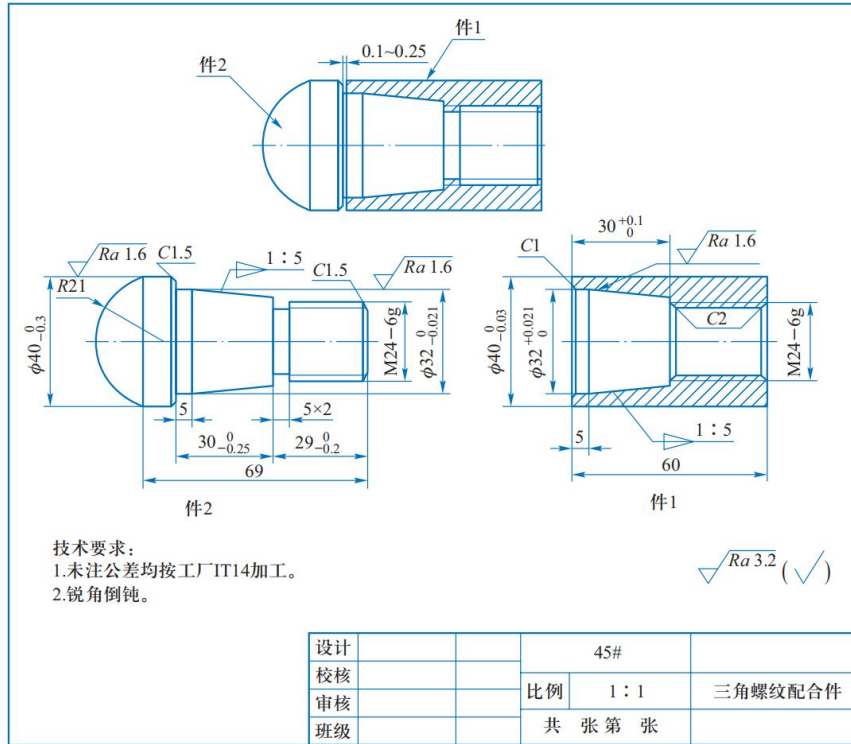


图 1-1-2 三角螺纹配合件 2D 图

获取信息

引导问题 1: 根据机械制图知识, 简述识读零件图的步骤。

小提示

请参考相关知识中的“知识点一 识图的方法与步骤”的相关内容。

引导问题 2: 此配合件有几处配合? 配合间隙是多少?

▲ 引导问题 3: 分析零件图中有无遗漏尺寸或是标注不清楚的地方, 主要的加工尺寸、几何公差要求及表面质量要求。

工作计划

分小组完成下面问题。

▲ 引导问题 4: 识读零件图中螺纹的标注, 并计算出主要参数值。



螺纹知识点

▲ 引导问题 5: 根据标注, 计算退刀槽的槽底直径; 分析锥面尺寸, 计算小端直径。

▲ 引导问题 6: 从技术要求能得到哪些信息?



任务反思

根据讨论和计算结果，填表 1-1-1。

表 1-1-1 分析零件图样个人反思表

序号	计算尺寸	计算结果错误原因	预防措施	备注
1				
2				
心得体会				
本人签字：				年 月 日



综合评价

分析零件图样综合评价表见表 1-1-2。

表 1-1-2 分析零件图样综合评价表

评价内容	配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）	20分			
2. 团队合作精神和参与度	20分			
3. 任务完成情况	40分			
4. 任务反思	20分			
总分	100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）	结论：			
组长签字： 年 月 日	教师签字： 年 月 日			
备注：				

相关知识

知识点一 识图的方法与步骤

识零件图是通过对零件图进行分析，为研究零件图的设计合理性、分析加工工艺性、提高和改进产品质量打下基础的过程。识图步骤如下。

一、概括了解

首先看标题栏，了解零件的名称、材料、比例，并浏览全图，对零件有一个全面的认识，再根据有关的专业知识，分析零件的用途及结构特点。

二、分析视图

根据视图布局，首先找出主视图，围绕主视图，分析其他视图的配备情况，重点看清各种视图。剖面图的分析，包括剖切方法、剖切位置、剖切目的及彼此之间的投影关系。

三、形体分析

利用形体分析法将零件图按功能分解为几个较大部分，如工作部分、连接部分、安装部分、加强和支撑部分。在此基础上，仔细分析每个结构的局部细小结构、形状。最后，想象出零件的完整结构形状。

四、尺寸分析

根据零件图类别及整体结构，分析长、宽、高各方向上的尺寸基准，搞清楚哪些是主要基准和主要尺寸，以及尺寸标注的形式，找出各零件的定形尺寸和定位尺寸。

五、分析技术要求

根据标注的尺寸公差、几何公差、表面粗糙度及其他技术要求，明确主要加工尺寸和加工表面，以便采用合理的工艺方法予以保证。

知识点二 分析零件图样的内容

由于设计、制图等多方面的因素，可能在零件图样上出现构成加工轮廓的数据不

充分、尺寸模糊不清及尺寸封闭等缺陷，因而增加了编程工作的难度，有时甚至无法编程。

(1) 图样上漏掉某尺寸，使其几何条件不充分，影响到图样轮廓的构成。例如，在图 1-1-3 中，漏掉了锥度尺寸就属于这种缺陷，使程序编制无法进行。

(2) 图样上的图线位置模糊或尺寸标注不清，使编程工作无从下手。例如，在图 1-1-4 中，圆弧与斜线的尺寸关系标注不够明确，无法分析圆弧 $R5$ 和斜线 ad 是否相切，不同的理解将得到完全不同的结果。

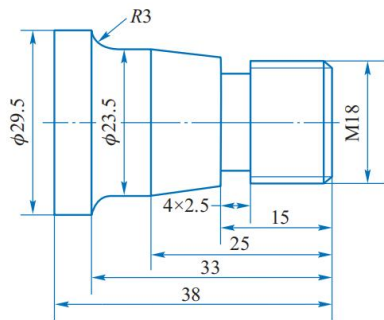


图 1-1-3 遗漏锥度尺寸标注

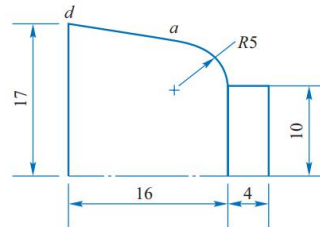


图 1-1-4 尺寸关系标注不清

(3) 图样上所给定的几何条件造成尺寸链封闭，这不仅给数学处理造成困难，还可能产生不必要的计算误差。例如，在图 1-1-5 中，其圆锥体的各构成尺寸已经封闭。

(4) 图样上给定的几何条件自相矛盾。例如，在图 1-1-6 中，所给出的各段长度之和不等与其总长度。

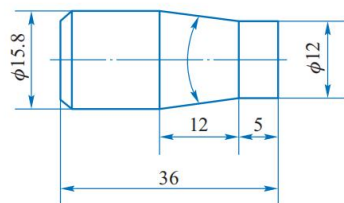


图 1-1-5 尺寸链封闭

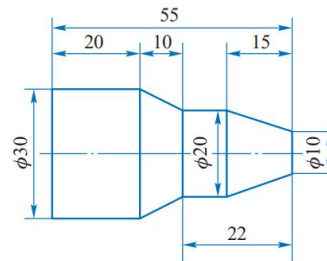


图 1-1-6 尺寸标注错误

对于数控加工来说，零件图上应以同一基准引注尺寸或直接给出坐标尺寸，这就是坐标标注法。这种尺寸标注法既便于编程，也便于尺寸之间的相互协调，还利于设计基准、工艺基准、测量基准与编程原点设置的统一。

分析零件图样的内容如下。

1. 尺寸公差要求

分析零件图样的尺寸公差要求（见图 1-1-6），以确定控制其尺寸精度的加工工艺（如刀具选择及确定其切削用量等）。

2. 形状和位置公差要求

图样上给定的形状和位置公差是保证零件精度的重要要求，找出图样上有较高位置精度要求的表面，这些表面应在一次装夹下完成加工。在工艺准备过程中，除了按其要求确定零件的工艺基准和测量基准，并满足其设计基准的规定外，还要根据工件的特点确定适合的加工方法，以便有效地控制其形状和位置误差。

3. 表面粗糙度要求

表面粗糙度是保证零件表面微观精度的重要要求，也是合理选择机床、刀具及确定切削用量的重要依据。对表面粗糙度要求较高的表面，应该采用恒线速切削加工指令。

4. 材料与热处理要求

图样上给出的零件材料与热处理要求，是选择刀具（材料、几何参数及耐用度）和选择机床型号及确定有关切削用量等的重要依据。

5. 毛坯要求

零件的毛坯要求主要指对坯件形状和尺寸的要求，如棒材、管材或铸、锻坯件的形状及其尺寸等。

6. 零件加工数量要求

零件加工数量，对于装夹与定位、刀具选择、工序安排及走刀路线的确定等都是不可忽视的条件。例如，单件小批量加工，尽量在一道工序中完成，并尽量不要采用专用夹具；大批量的生产则要考虑是否由多台机床分多道工序完成，并制造专用夹具等。

任务二 数控车床的选择

任务描述

分析图 1-2-1 所示的螺纹轴适合在什么类型的数控车床上加工，并选择适当的数控车床型号。选择数控车床的坐标系及相应机床原点、机床参考点、工件坐标系、工件编程原点及换刀点。

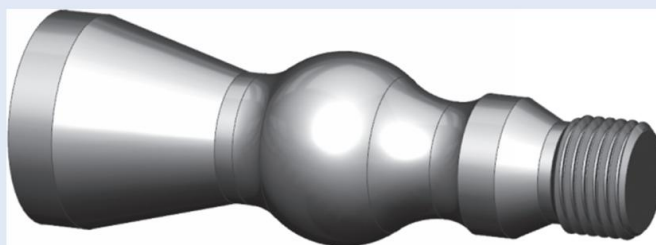


图 1-2-1 螺纹轴 3D 图 (1)

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书(初级/中级)		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据工作任务要求和数控车床操作手册，完成数控车床坐标系的建立，完成数控车床各基点坐标的计算	
2	能根据安全文明生产制度，做到着装整洁、规范，正确使用安全防护用品，符合安全文明生产要求	
3	能遵循数控车床操作规程，使用数控车床电气开关启动、停止数控车床	

任务目标

知识目标

1. 掌握数控车床的基本组成、分类；
2. 掌握数控车床的坐标系和机床原点、机床参考点、工件编程原点的确定。

能力目标

1. 能根据数控车床的基本组成和分类，以及数控车床的加工特点，为被加工零件选择合适的数控车床；
2. 能够确定数控车床坐标系及相关点的位置。

素质目标

1. 具有良好的职业道德和职业素养；
2. 具有较强的团队意识、荣誉感；
3. 具备语言表达能力、不怯场的胆量，提高综合能力。

学习导图



任务分析

任务书

根据对螺纹轴零件图纸（见图 1-2-2）的分析，选择卧式数控车床进行加工。

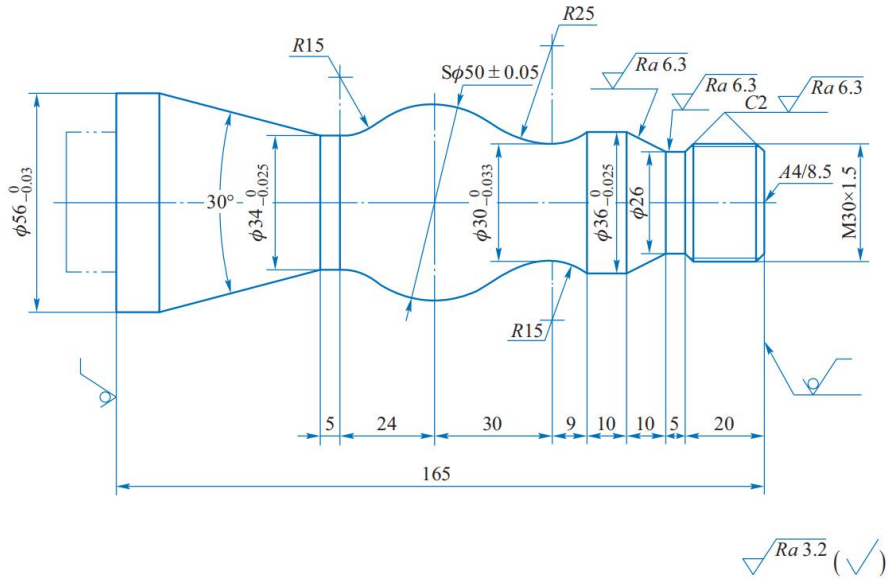


图 1-2-2 螺纹轴 2D 图 (1)

获取信息

▲ 引导问题 1: 螺纹轴适合在什么类型的数控车床上加工? 为什么?

▲ 引导问题 2: 数控车床如何分类? 各适合加工什么样的零件?

▲ 引导问题 3: 数控车床能实现几轴联动? 如何定义?

工作计划

▲ 引导问题 4: 数控车床安全操作需注意哪些事项?



数控车床操作

小提示

数控车床安全操作注意事项有以下几个方面。

(1) 电源接通前,要检查车床的防护门、电箱门等是否关闭,检查主轴箱上油标的液面位置,并检查切削液的液面位置是否高于水泵吸入口。

(2) 电源接通后,要检查轴流风机工作是否正常,急停按钮是否跳起,车床照明灯亮不亮。

(3) 将刀架退至车床 X 轴、Z 轴导轨右端时,先将中拖板退出,再退大拖板。若中拖板未退出就退大拖板,刀架电机会撞到尾座,导致刀架电机容易被撞坏。

(4) 开、关机之间必须间隔 15 s 以上。

(5) 使用进给速度修调等旋钮开关时,用力不要过大,否则旋钮开关容易损坏。

(6) 在操作演示后,学生逐个轮换练习一次,然后分散练习。

引导问题 5: 工厂 7S 管理都有哪些内容? 目的是什么?(参考本任务中的思政小故事)

引导问题 6: 认知数控车床机构,叙述如何开机、关机,回零步骤和对刀方法,并在数控车床上练习。



数控车床认知实训任务书



任务反思

根据任务完成情况，填写表 1-2-1。

表 1-2-1 数控车床的选择个人反思表

序号	出现的问题	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日



综合评价

数控车床的选择综合评价表见表 1-2-2。

表 1-2-2 数控车床的选择综合评价表

评价内容	配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）	20 分			
2. 团队合作精神和参与度	20 分			
3. 任务完成情况	40 分			
4. 任务反思	20 分			
总分	100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）	结论：			
组长签字：	年 月 日	教师签字：	年 月 日	
备注：				

相关知识

知识点一 数控车床的分类

数控车床品种、规格繁多，根据机型和数控系统的配置，其加工范围与加工能力有一定的区别，因此有不同的分类方法。

一、按主轴布置形式分类

1. 卧式数控车床

卧式数控车床是最为常用的数控机床，如图 1-2-3 所示，其主轴处于水平位置。卧式数控车床采用卧式布局，由数控系统控制横（ X ）、纵（ Z ）两坐标轴移动，可对各种轴类及盘类工件自动完成内外圆柱面、圆弧面、端面、车槽、倒角等工序的切削加工，并能车削公制及英制圆柱螺纹、端面螺纹及锥螺纹。该机床具有较高的经济性和实用性，是用户首选的数控设备。

2. 立式数控车床

立式数控车床主轴处于垂直位置，如图 1-2-4 所示。立式数控车床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小，且形状较复杂的大型或重型零件，适用于通用机械、冶金、军工、铁路等行业直径较大的车轮、法兰盘、大型电动机座、箱体等回转体的粗、精车削加工。

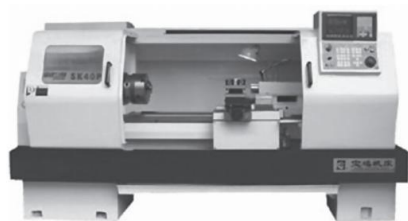


图 1-2-3 卧式数控车床



图 1-2-4 立式数控车床

二、按可控制轴数分类

1. 两轴控制

当数控车床上只有一个回转刀架时，可以实现两坐标轴控制。当前大多数中小

型数控车床采用两轴联动 (X 轴、 Z 轴联动), 如图 1-2-5 所示为单主轴、单刀架数控车床。

2. 多轴控制

数控车床具有两个回转刀架时, 可以实现四坐标轴控制。如图 1-2-6 所示为双主轴、双刀架数控车床。档次较高的数控车削中心都配备了动力铣头, 还有些配备了 Y 轴, 使车床不但可以进行车削加工, 还可以进行铣削加工。数控车床的工艺和工序将更加复合化和集中化。

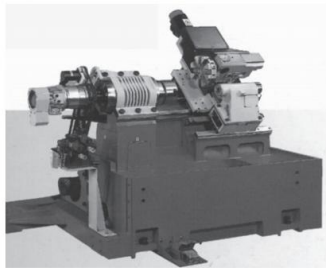


图 1-2-5 单主轴、单刀架数控车床

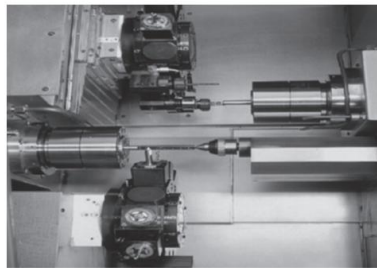


图 1-2-6 双主轴、双刀架数控车床

三、按数控系统的功能分类

1. 经济型数控车床

经济型数控车床一般采用开环控制, 具有 CRT 显示、程序储存、程序编辑等功能, 加工精度不高, 主要用于精度要求不高、有一定复杂性的零件。经济型数控车床如图 1-2-7 所示。

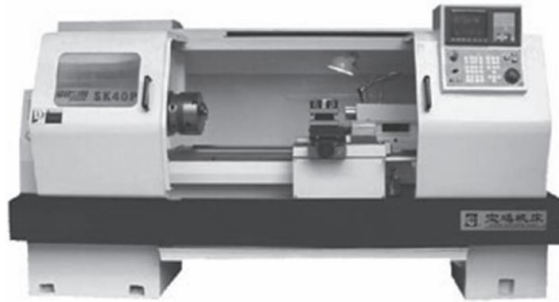


图 1-2-7 经济型数控车床

2. 全功能数控车床

如图 1-2-8 所示为全功能数控车床，是较高档次的数控车床，具有刀尖圆弧半径自动补偿、恒线速、倒角、固定循环、螺纹切削、图形显示、用户宏程序等功能，加工能力强，适宜加工精度高、形状复杂、工序多、循环周期长、品种多变的单件或中小批量零件。

3. 车削中心

车削中心的主体是数控车床，转塔刀架上有能使刀具旋转的动力刀座；主轴具有按轮廓成形要求连续（不等速回转）运动和连续精确分度的 C 轴控制功能，并能与 X 轴或 Z 轴联动。车削中心不仅有 X 轴、 Z 轴、 C 轴的控制功能，还具有 Y 轴控制功能，可实现车、铣复合加工，如高效率车削、铣削凸轮槽和螺旋槽，如图 1-2-9 所示。

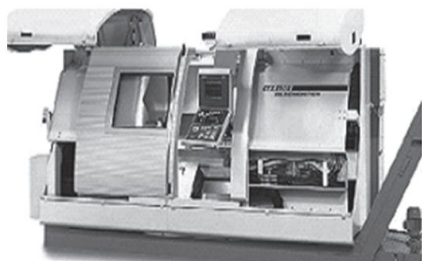


图 1-2-8 全功能数控车床

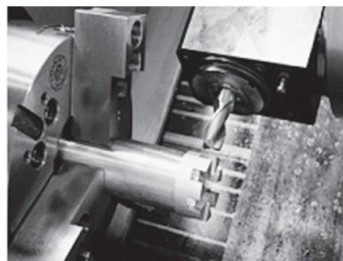


图 1-2-9 配有动力刀座的车削中心

知识点二 数控车床的主要功能

不同数控车床的功能不尽相同，但都应具备以下主要功能。

1. 直线插补功能

控制刀具沿直线进行切削的功能为直线插补功能。在数控车床中利用该功能可加工圆柱面、圆锥面和倒角。

2. 圆弧插补功能

控制刀具沿圆弧进行切削的功能为圆弧插补功能。在数控车床中利用该功能可加工圆弧面和曲面。

3. 固定循环功能

固定循环功能为固化的车床常具备的一些功能，如粗加工、车螺纹、车槽、钻孔等。使用该功能可简化编程。

4. 恒线速度车削功能

通过控制主轴转速保持切削点处的切削速度恒定的功能为恒线速度车削功能，使用该功能可获得一致的加工表面。

5. 刀尖半径自动补偿功能

刀尖半径自动补偿功能可对刀具运动轨迹进行半径补偿，具备该功能的车床在编程时可不考虑刀具半径，直接按零件轮廓进行编程，从而使编程变得方便、简单。

知识点三 数控车床的结构特点

SK40P 卧式数控车床的总体布局基本没有脱离普通车床的结构形式，保留了原卧式车床床身的布局方式，操作简单，使用方便，价格实惠。

如图 1-2-10 (a) 所示为 SK40P 卧式数控车床，主要由床身、主轴箱（主传动系统）、刀架、进给系统、冷却系统、润滑系统等部分组成。与普通车床 [见图 1-2-10 (b)] 相比，数控车床具有以下特点。

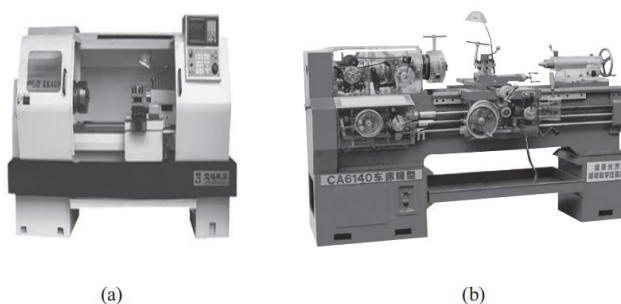


图 1-2-10 SK40P 卧式数控车床与普通车床
(a) SK40P 卧式数控车床; (b) 普通车床

1. 采用全封闭或半封闭防护装置

数控车床采用封闭防护装置可防止切屑或切削液飞出，避免给操作者带来意外伤害。

2. 采用自动排屑装置

数控车床大都采用斜床身结构布局，便于采用自动排屑机。

3. 主轴转速高，工件装夹安全、可靠

数控车床大都采用液压卡盘，夹紧力调整方便，装夹可靠，同时可降低操作者的

劳动强度。

4. 可自动换刀

数控车床采用自动回转刀架，在加工过程中可自动换刀，连续完成多道工序的加工。

5. 主传动系统与进给传动系统分离

数控车床的主传动系统与进给传动系统采用各自独立的伺服电动机，使传动链变得简单、可靠，同时各电动机既可单独运动，也可实现多轴联动。

知识点四 数控车床坐标系的确定

在数控机床上，刀具的运动是在坐标系中进行的。数控机床上最基本的点有机床原点、机床参考点、工件编程原点及换刀点等，如图 1-2-11 所示。为了更好地掌握数控编程技术及零件的加工技术，就要对机床中各点的位置、作用及相互关系有明确的认识。

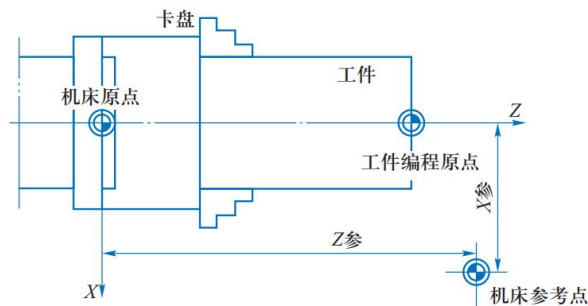


图 1-2-11 数控机床各点的关系

一、机床坐标轴

为简化编程和保证程序的通用性，对数控机床的坐标轴和方向命名制定了统一的标准，规定直线进给坐标轴用 X 、 Y 、 Z 表示，将其称为基本坐标轴。 X 、 Y 、 Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡儿法则确定，如图 1-2-12 所示。图中大拇指指向 X 轴的正方向，食指指向 Y 轴的正方向，中指指向 Z 轴的正方向。

围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示，根据右手螺旋定则，以大拇指指向 $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 方向，则其余四指指向圆周进给运动的 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 方向。

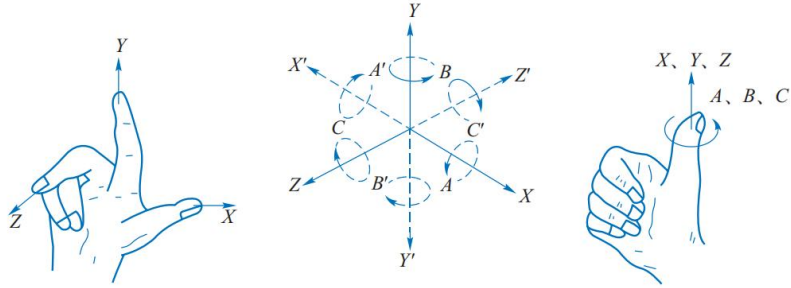


图 1-2-12 笛卡儿右手直角坐标系

二、运动方向确定

数控机床的进给运动，有的由主轴带动刀具运动来实现，有的由工作台带动工件运动来实现。而上述坐标轴的正方向是假定工件不动，刀具相对工件做进给运动的方向。如果是刀具不动、工件运动，则坐标系用加“'”的字母表示，按相对运动关系，工件运动的正方向恰好与刀具运动的正方向相反。

(1) Z 轴与主轴轴线重合，设 Z 轴远离工件（增大工件与刀具之间的距离）的方向为 Z 轴的正方向。

(2) X 轴垂直于 Z 轴，对应于刀架的径向移动，设 X 轴远离工件的轴心线（增大工件与刀具之间的距离）的方向为 X 轴的正方向。

(3) Y 轴（车床上通常为虚设轴）与 X 轴和 Z 轴一起构成遵循右手笛卡儿法则的坐标系。

机床坐标轴的方向取决于机床的类型和各组成部分的布局，对车床而言，如图 1-2-13 所示。

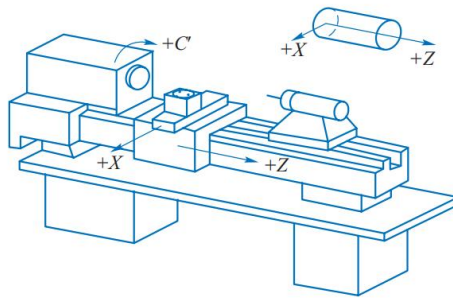


图 1-2-13 简易数控车床的坐标轴

三、坐标系

1. 机床原点

机床坐标系的原点称为机床原点或机床零点，如图 1-2-14 所示。这是一个固定的点，通常由机床制造厂确定。它是数控机床进行加工运动的基准参考点。数控车床机床原点的位置大多规定在主轴轴心线与装夹卡盘的法兰盘端面的交点上。

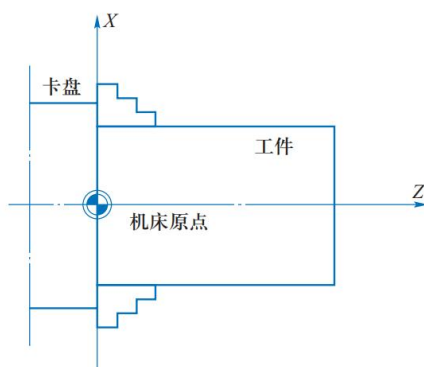


图 1-2-14 机床原点

2. 机床参考点

机床参考点既可以与机床原点重合，也可以不重合（数控车床中一般不重合）。它是相对于机床原点的一个可以设定的参数值，如图 1-2-15 所示，通常设置在 X 轴和 Z 轴

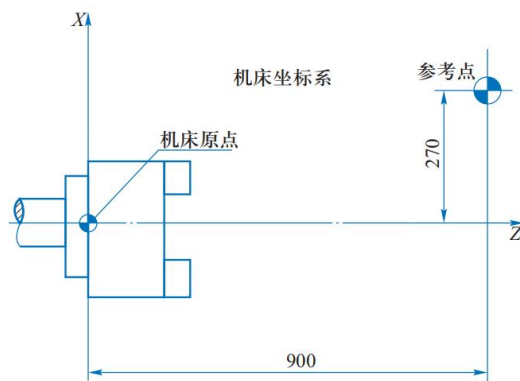


图 1-2-15 机床参考点

的正向最大行程处，在出厂时已经准确确定，用户不得随意更改。刀架回到机床参考点位置，也就知道了各坐标轴的原点位置。找到所有坐标轴的参考点，数控系统中也就建立起了机床坐标系。因此，机床参考点是用于对机床运动进行检测和控制的固定位置点。

在数控装置通电时并不知道机床原点，为了在机床工作时正确建立机床坐标系，通常在每个坐标轴的移动范围内设置一个机床参考点（测量起点），在机床启动时，首先要进行机动或手动回参考点，以建立机床坐标系。机床原点实际上是通过返回（或称寻找）机床参考点来确定的。

3. 工件编程原点

工件编程原点是由编程人员在编程时根据加工零件图样及加工工艺要求选定的编程坐标系的原点。编程坐标系中各轴的方向应该与所使用的数控机床相应的坐标轴方向一致。图 1-2-16 所示为车削零件的工件编程原点。

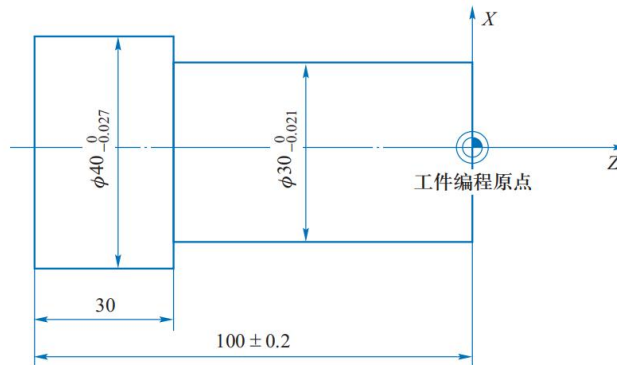


图 1-2-16 车削零件的工件编程原点

工件编程原点的选择要尽量满足编程简单、尺寸换算少、引起的加工误差小等条件。一般情况下，工件编程原点选在尺寸标注的基准或定位基准上。对车床而言，工件编程原点一般选在工件轴线与右端面或左端面的交点上。

4. 工件坐标系

工件坐标系是编程人员在编程时使用的，选择工件上的某一已知点为原点（也称程序原点），建立一个新的坐标系，称为工件坐标系，如图 1-2-17 所示。工件坐标系一旦建立便一直有效，直到被新的坐标系代替为止。

5. 换刀点

换刀点是零件程序开始加工或是加工过程中相对于机床原点而设置的一个自动更

换刀具的相关点，如图 1-2-18 所示。设立换刀点的目的是在更换刀具时让刀具处于一个比较安全的区域。换刀点可选在远离工件和尾座并便于换刀的任何地方，但该点与工件编程原点之间必须有确定的坐标关系。

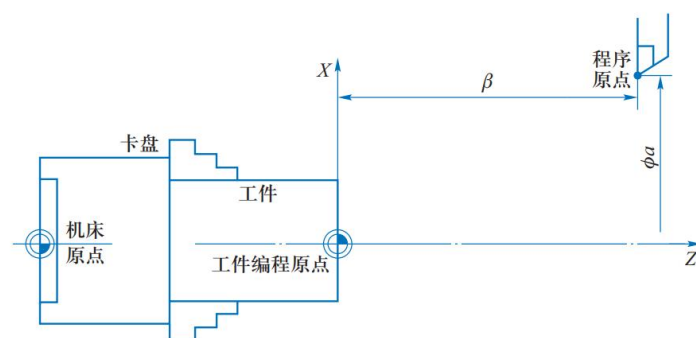


图 1-2-17 工件坐标系

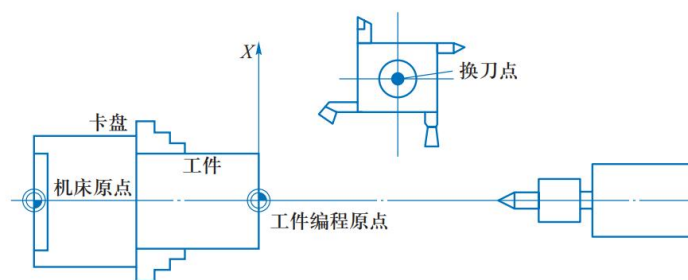


图 1-2-18 换刀点



车刀认识及安装操作微课



HNC 系统认知及对刀操作微课



FANUC 系统认知及对刀操作微课

知识点五 数控车床配件

一、数控车床刀架

刀架是数控车床的重要部件，用于夹持切削用的刀具。刀架是直接完成切削加工

的执行部件，因此其结构直接影响车床的切削性能和切削效率。在一定程度上，刀架的结构和性能体现了车床的设计和制造技术水平。刀架在结构上必须具有良好的强度和刚度，刀架的设计还应满足换刀时间短、结构紧凑和安全可靠等要求。

按换刀方式的不同，数控车床的刀架系统有回转刀架、排式刀架和带刀库的自动换刀装置等多种形式。

1. 回转刀架

回转刀架是数控车床最常用的一种典型换刀刀架，如图 1-2-19 所示，通过刀架的旋转分度定位来实现车床的自动换刀动作，根据加工要求可设计成四方、六方刀架或圆盘式刀架，并相应地安装 4 把、6 把或更多的刀架。回转刀架的换刀动作可分为刀架抬起、刀架转位和刀架锁紧等几个步骤，是由数控系统发出的指令完成的。根据刀架回转轴与安装底面的相对位置，回转刀架分为立式刀架和卧式刀架两种。许多国产数控车床配置四工位立式刀架或六工位卧式刀架。

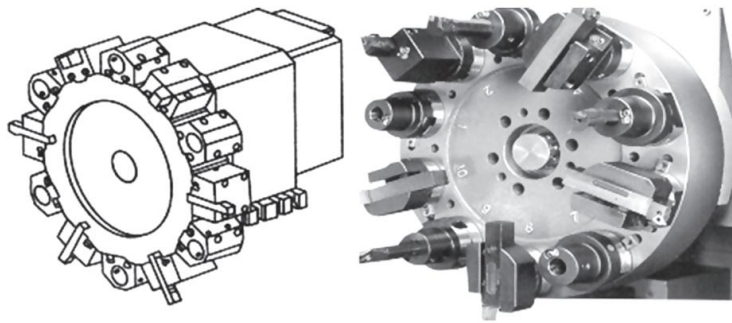


图 1-2-19 卧式回转刀架

2. 排式刀架

排式刀架一般用于小规格数控车床，以加工棒料或盘类零件为主。如图 1-2-20 所示，排式刀架的结构形式为排列式，夹持着各种不同用途刀具的刀架沿着机床的 X 轴方向排列在横向滑板上。这种刀架在刀具布置和车床调整等方面都较为方便，可以根据具体工件的车削工艺要求，任意组合各种不同用途的刀具。第一把刀具完成车削任务后，横向滑板只要按程序沿 X 轴移动预先设定的距离后，第二把刀具就到达加工位置，这样就完成了车床的换刀动作。这种换刀方式迅速、省时，有利于提高车床的生产效率。

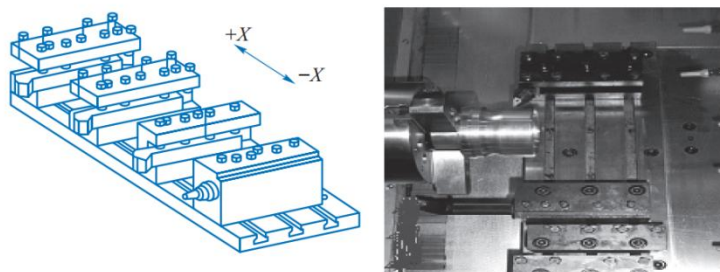


图 1-2-20 排式刀架

二、液压卡盘

液压卡盘用于夹持工件，它主要由固定在主轴后端的液压缸和固定在主轴前端的卡盘两部分组成，其夹紧力的大小通过调整液压系统的压力进行控制，具有结构紧凑、动作灵敏、能够实现较大夹紧力的特点，如图 1-2-21 所示。

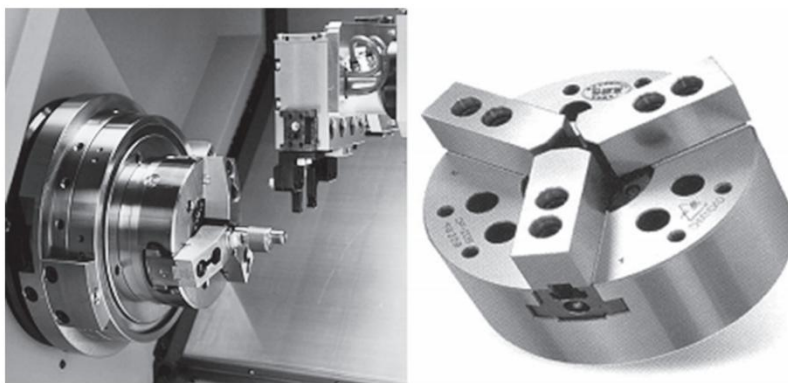


图 1-2-21 液压卡盘

三、液压尾座

加工长轴类零件时需要使用液压尾座，数控车床液压尾座如图 1-2-22 所示。液压尾座一般有手动尾座和可编程尾座两种。尾座套筒的动作与主轴互锁，即在主轴转动时，按动尾座套筒退出按钮，套筒不动作，只有在主轴停止状态下，尾座套筒才能退出，以保证安全。

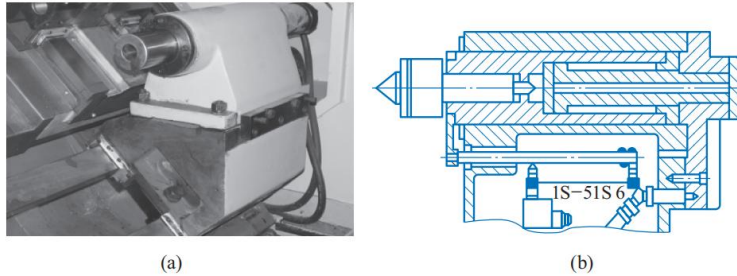


图 1-2-22 数控车床液压尾座
(a) 液压尾座外观; (b) 液压尾座结构

思政小故事

端正态度、规范行为——工厂 7S 管理

了解工厂 7S 管理模式，在工作中端正态度、规范行为，做一个合格的技能人！



工厂 7S 管理

巩固知识

问题小贴士：

一、选择题

1. 开机后，机床回零是回到（ ）。
A. 机床原点 B. 程序原点
C. 机床参考点 D. 换刀点
2. 确定数控机床坐标轴时，一般应先确定（ ）。
A. X 轴 B. Y 轴
C. Z 轴 D. A 轴

3. 在数控机床坐标系中平行机床主轴的直线运动方向为沿 ()。 **问题小贴士:**
- A. X轴 B. Y轴 C. Z轴 D. C轴
4. 绕 X轴旋转的回转运动坐标轴是 ()。
- A. A轴 B. B轴 C. Z轴 D. C轴
5. 下列型号中, () 是最大加工工件直径为 $\phi 400$ mm 的数控车床的型号。
- A. CJK0620 B. CK6140 C. XK5040 D. ZK3040
6. 数控机床有不同的运动形式, 需要考虑工件与刀具相对运动关系及坐标方向, 编写程序时, 采用 () 的原则编写程序。
- A. 刀具固定不动, 工件移动
- B. 铣削加工刀具固定不动, 工件移动; 车削加工刀具移动, 工件不动
- C. 分析机床运动关系后再根据实际情况
- D. 工件固定不动, 刀具移动
7. 数控车床的 Z轴相对坐标表示为 ()。
- A. Z B. U C. W D. X

二、填空题

1. 数控编程描述的是_____的运动轨迹。
2. 数控机床中的标准坐标系采用_____, 并规定_____刀具与工件之间距离的方向为坐标轴正方向。
3. 数控机床坐标系三坐标轴 X、Y、Z 及其正方向用_____判定, X、Y、Z 各轴的回转运动及其正方向 +A、+B、+C 分别用_____判断。
4. 数控车床按主轴位置可分为_____和_____。
5. 与机床主轴重合或平行的刀具运动坐标轴为_____轴, 远离工件的刀具运动方向为_____。

三、简答题

1. 机床坐标系与工件坐标系的区别是什么?
2. 机床坐标系如何确定? 画出卧式数控车床的坐标系简图。

任务三 加工工艺文件的填写

任务描述

合理地安排图 1-3-1 所示零件的加工工艺。



图 1-3-1 螺纹轴 3D 图 (2)

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书(初级/中级)		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据螺纹轴机械加工工艺过程卡与工序卡, 正确识读工序内容、工步内容、工艺装备及检测要求等信息	
2	能根据机械加工工艺文件要求, 完成螺纹轴数控加工刀具、量具和夹具的选用	
3	能根据零件图、机械加工工艺文件要求, 使用相应量具或量仪, 完成零件几何公差检测	

任务目标

知识目标

1. 掌握制定数控车削加工工艺的基本步骤、原则;
2. 掌握数控车削加工时刀具及切削用量的正确选用;

3. 熟悉加工工艺文件的基本知识。

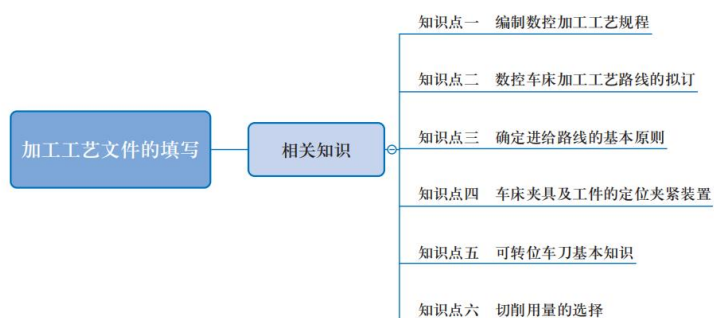
能力目标

1. 能正确填写加工工艺文件；
2. 能正确选用刀具、夹具、切削用量。

素质目标

1. 具有信息素养、创新精神；
2. 具有精益求精的工匠精神；
3. 具有一定的职业素养、无怨无悔的奉献精神；
4. 具有顽强攻坚的战斗精神。

学习导图



任务分析

任务书

编制图 1-3-2 所示零件的加工工艺文件，选用合适的刀具、切削用量及对刀点。

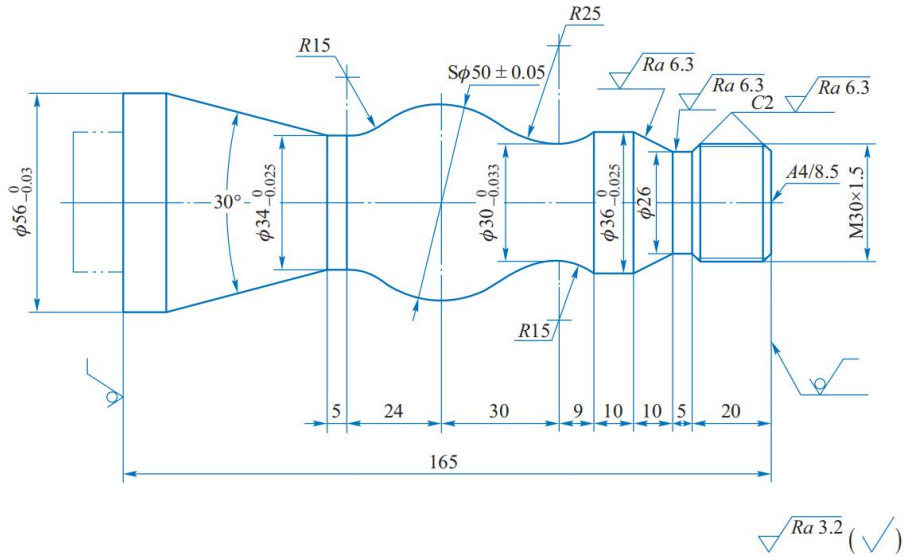


图 1-3-2 螺纹轴 2D 图 (2)

获取信息

引导问题 1: 机械加工的工艺系统都包括哪些方面?

引导问题 2: 加工螺纹轴需要几把刀? 常用的刀具材料有哪些? 机夹可转位刀片的刀具由几部分组成?

引导问题 3: 数控车床常用的装夹方式有哪些? 常用的夹具有哪些? 各有什么特点?

引导问题 4: 加工螺纹轴时, 切削参数如何确定?

工作计划

▲ 引导问题 5: 加工零件的工序如何划分?

▲ 引导问题 6: 分组讨论粗、精加工切削用量的选择原则及选择方法。

▲ 引导问题 7: 选择切削路线的原则是什么?

▲ 引导问题 8: 粗、精加工对转速及进给量各有什么要求? 为什么?

任务反思

根据任务完成情况，填写表 1-3-1。

表 1-3-1 加工工艺文件的填写个人反思表

序号	出现的问题	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

加工工艺文件的填写综合评价表见表 1-3-2。

表 1-3-2 加工工艺文件的填写综合评价表

评价内容	配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）	20分			
2. 团队合作精神及参与度	20分			
3. 任务完成情况	40分			
4. 任务反思	20分			
总分	100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）	结论：			
组长签字：	年 月 日	教师签字：	年 月 日	
备注：				

相关知识

知识点一 编制数控加工工艺规程

规定零件制造工艺过程和操作方法的工艺文件称为工艺规程。它是在具体的生产条件下，以相对合理的工艺过程和方法，并按规定的图表或文字形式书写成工艺文件，经审批后用来指导生产的。工艺规程一般应包括下列内容：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。

数控加工工艺主要包括以下内容。

- (1) 对零件进行初步分析，确定在数控机床上加工的内容。
- (2) 对零件图样进行数控加工工艺分析，确定加工路线及技术要求。
- (3) 具体设计数控加工工序，如工步的划分、工件的定位与夹具的选择、刀具的选择、切削用量的确定等。
- (4) 处理特殊的工艺问题，如对刀点、换刀点的选择，加工路线的确定，刀具补偿等。
- (5) 处理数控机床上的部分工艺指令，填写工艺文件。

知识点二 数控车床加工工艺路线的拟订

拟订车削加工工艺路线的主要内容包括：选择各加工表面的加工方法、划分加工阶段、划分工序及安排工序的先后顺序等。应根据从生产实践中总结出来的一些综合性工艺原则，结合实际的生产条件，提出几种方案，通过对比分析，从中选择最佳方案。

一、划分工序

在数控车床上加工零件，应按工序集中的原则划分工序，即应在一次装夹下尽可能完成大部分甚至全部表面的加工。在批量生产中，常用下列两种方法进行工序的划分。

1. 按装夹次数划分工序

以每一次装夹完成的那一部分工艺过程作为一道工序。此种划分工序的方法可将位置精度要求较高的表面安排在一次装夹下完成，以免多次装夹所产生的装夹误差影

响位置精度。这种工序划分方法适用于加工内容不多的零件。

2. 按粗、精加工划分工序

为了保证切削加工质量及延长刀具的使用寿命，工件的加工余量往往不是一次切除的，而是逐步减小切削深度分阶段切除的。切削加工可分为粗加工、半精加工、精加工、精密加工、超精密加工 5 个阶段。

二、确定加工顺序

在数控车床加工过程中，确定加工顺序时应根据零件的结构和毛坯的状况，结合定位及夹紧的需要一起考虑，重点应保证工件的刚度不被破坏，尽量减少变形。制订零件车削加工顺序一般遵循下列原则。

1. 先粗后精原则

为了提高生产效率并保证零件的精加工质量，在切削加工时，应先安排粗加工工序，在较短的时间内，将精加工前大量的加工余量（如图 1-3-3 中的虚线内部分所示）去掉，同时尽量满足精加工的余量均匀性要求。

2. 先近后远原则

这里所说的远与近，是按加工部位相对于对刀点的距离大小而言的。在一般情况下，离对刀点近的部位先加工，离对刀点远的部位后加工，以便缩短刀具移动距离，减少空行程时间。对于车削加工，先近后远还有利于保持毛坯件或半成品件的刚性，改善其切削条件。

例如，当加工如图 1-3-4 所示零件时，可以按照 $\phi 35-\phi 40-\phi 45-\phi 50$ 的次序，先近后远地安排车削加工。

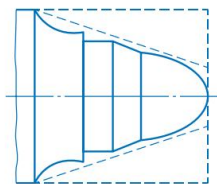


图 1-3-3 先粗后精

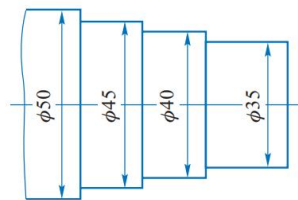


图 1-3-4 先近后远

3. 先内后外原则

对于精密套筒，其外圆与孔同轴度要求较高，一般采用“先内孔后外圆”的原则，即先以外圆定位加工内孔，再以内孔定位加工外圆，这样可以保证高的同轴度要求，并且使所用的夹具简单。

4. 内外交替原则

对既有内表面（内型、腔）又有外表面需加工的回转体零件，在安排加工顺序时，应先进行内、外表面粗加工，后进行内、外表面精加工。

5. 基面先行原则

用作精基准的表面应优先加工出来，因为定位基准的表面越精确，装夹误差就越小。例如，对轴类零件进行加工时，总是先加工中心孔，再以中心孔为精基准加工外圆表面和端面。

知识点三 确定进给路线的基本原则

进给路线泛指刀具从对刀点（或机床原点）开始运动起，直至返回该点并结束加工程序所经过的路径，包括切削加工的路径及刀具引入、切出等非切削空行程路径。确定进给路线的工作重点，在于确定粗加工及空行程的进给路线，是因为精加工切削过程的进给路线基本上都是沿零件轮廓顺序进行的。

在保证加工质量的前提下，使加工程序具有最短的进给路线，不仅可以节省整个加工过程的执行时间，还能减少一些不必要的刀具消耗及机床进给机构滑动部件的磨损等。

一、最短的空行程路线

1. 巧用起刀点

如图 1-3-5 所示为采用 G90 矩形循环方式进行粗车外圆的一般情况示例。图 1-3-5 (a) 中 A 点的设定是因为考虑到精车等加工过程中需方便地换刀，故设置在离坯件较远的位置处，同时将起刀点与对刀点重合在一起。图 1-3-5 (b) 则是将起刀点与对刀点分离，并设起刀点位于图示 A' 点处，无论是快速移动还是切削进给，空行程都大大地缩短了。

2. 巧设换（转）刀点

换刀点位置是指是多刀加工时，相对于机床原点而设置的一个具有一定安全距离的换刀位置。

为了防止在换（转）刀时碰撞到被加工工件或夹具，除特殊情况外，换刀点几乎都设置在被加工零件的外面，并留有一定的安全区。换刀点的设置主要考虑换（转）刀的方便和安全，切忌和工件、尾座等发生干涉现象。因此，大多将换（转）刀点设置在离坯件较远的位置处（如图 1-3-5 所示中的 A 点）。

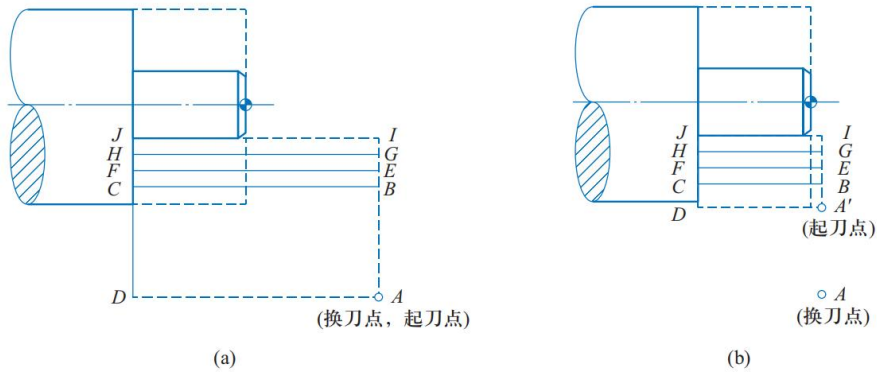


图 1-3-5 巧用起刀点

二、粗加工（或半精加工）进给路线

1. 常用的粗加工进给路线

几种不同的粗加工切削进给路线如图 1-3-6 所示。其中，图 1-3-6 (a) 表示利用数控系统具有的封闭式复合循环功能（G73 指令），控制车刀沿着工件轮廓形状安排的进给路线；图 1-3-6 (b) 表示利用程序循环功能安排的“三角形”进给路线；图 1-3-6 (c) 为利用程序循环功能安排的“矩形”进给路线（G71 指令）。在同等条件下，“矩形”循环切削进给路线所需时间（不含空行程）为最短，刀具的损耗小，在制定加工方案时应用较多。但“矩形”循环进给路线粗车后的精车余量不够均匀，一般需安排半精车加工。封闭式复合循环进给路线的走刀长度总和最长。

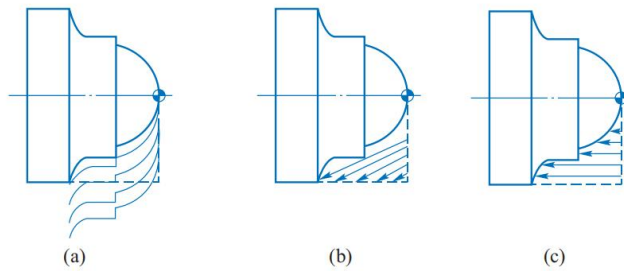


图 1-3-6 常用粗加工进给路线

(a) 封闭式复合循环进给路线；(b)“三角形”循环进给路线；(c)“矩形”循环进给路线

2. 确定粗加工进给路线的基本原则

通过上面的示例可以看出：粗加工应该尽量采用最少的加工时间、最短的加工路

径、最平稳的切削方式将多余的毛坯余量去除掉，并力求精加工的余量均匀。因此，在粗加工中大多采用“矩形”进给路线切削方式并配以半精加工将多余的边角毛坯去除，使加工的综合性能得到提高。

三、精加工进给路线

在安排一刀或多刀进行的精加工进给路线时，零件的完整轮廓应由最后一刀连续加工而成，并且加工刀具的进、退刀位置要考虑妥当。

知识点四 车床夹具及工件的定位夹紧装置

一、夹具的定义和分类

1. 夹具的定义

按照机械加工工艺规程的要求，用于迅速装夹工件，使之占有正确位置并可靠夹紧的工艺装备，称为夹具。

2. 夹具的分类

按照其通用性和使用特点，夹具分为通用夹具、专用夹具和组合夹具三类。

(1) 通用夹具。通用夹具已标准化，可以装夹多种工件进行切削加工。通用夹具应用较广，能较好地适应加工工序和加工对象的变换，如车床上的三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘、通用心轴等。

(2) 专用夹具。专用夹具是为某工件的某一工序的加工要求专门设计、制造的夹具。这种夹具结构紧凑、操作方便。

(3) 组合夹具。组合夹具虽然一次性投资较大，但由于它具有明显缩短生产准备周期，减少专用夹具品种、数量及存放面积等优点，在现代化生产中得到越来越广泛的应用。

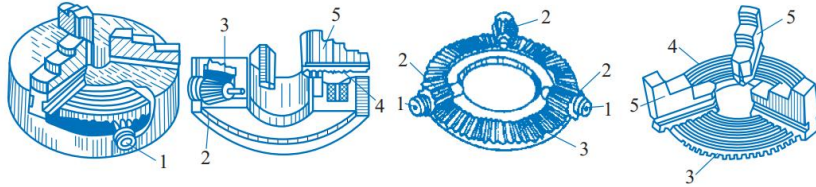
二、圆周定位夹具

在车床加工中的大多数情况是使用工件或毛坯的外圆定位，而圆周定位夹具是车削加工中最常用的夹具。圆周定位夹具有三爪卡盘、软爪、四爪单动卡盘和弹簧套筒等。

1. 三爪卡盘

三爪卡盘(见图 1-3-7)是最常用的车床通用夹具，其最大的优点是三个卡爪能够同步运动，可以自动定心，夹持范围大，一般不需要找正，但定心精度存在误差(一般在 0.05 mm 以内)，因此不适用于同轴度要求高的工件的二次装夹。另外，三爪卡

盘夹紧力较小，所以适用于装夹外形规则的中、小型工件。三爪卡盘还可装成正爪或反爪两种形式，既可以装夹轴类零件，也可以装夹盘类零件。



1—方孔；2—小锥齿轮；3—大锥齿轮；4—平面螺纹；5—卡爪。

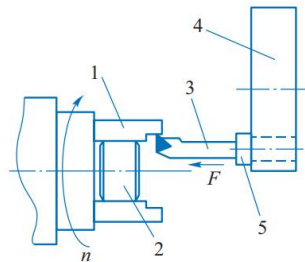
图 1-3-7 三爪卡盘

三爪卡盘常见的有机械式和液压式两种。机械式三爪卡盘是手动装夹工件，具有自动定心的功能，适合规则零件的装夹；液压式三爪卡盘是自动装夹工件，特点是迅速、方便，但夹持范围变化小，当工件尺寸变化大时需重新调整卡爪位置。液压卡盘特别适用于批量加工工件。

2. 软爪

(1) 软爪的工作特点。由于三爪卡盘定心精度不是很高，当同轴度要求高的工件在二次装夹时，常常使用软爪夹持工件。软爪是一种能够进行切削加工的夹爪。软爪是在使用前为配合被加工工件特别制造的。

(2) 加工软爪时要注意的问题。软爪要在与使用时相同的夹紧状态下加工，以免在加工过程中松动和由于反向间隙而引起定心误差。加工软爪内定位表面时，要在软爪底部夹紧一适当的棒料（衬铁），以消除卡盘端面螺纹的间隙，如图 1-3-8 所示。



1—软爪；2—衬铁；3—车孔刀；4—刀架；5—刀套。

图 1-3-8 加工软爪

3. 四爪单动卡盘

四爪单动卡盘的结构及工件的装夹调整方法如图 1-3-9 所示，它有 4 个各自独立

的卡爪（图中1、2、3、4），因此在装夹工件时必须将工件的旋转中心找正到与车床主轴旋转中心重合后才可车削。虽然四爪单动卡盘找正比较费时，但夹紧力较大，所以它适用于装夹大型工件、加工精度要求不高的偏心工件或形状不规则的工件。

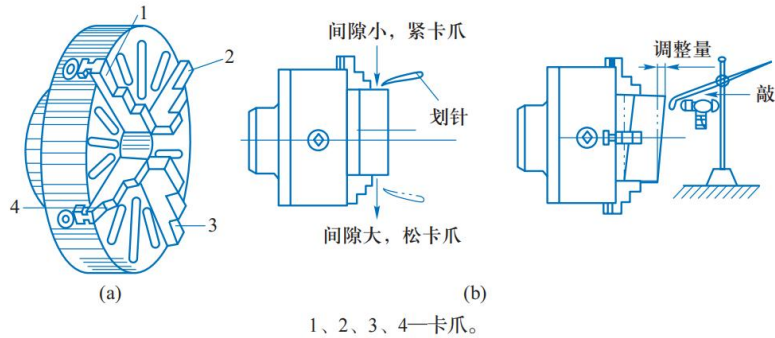


图 1-3-9 四爪单动卡盘的结构及工件的装夹调整方法
(a) 四爪单动卡盘的结构；(b) 工件的装夹调整方法

三、中心孔定位夹具

1. 两顶尖

两顶尖装夹工件方便，不需找正，装夹精度高。对于较长的、需经过多次装夹的或工序较多的工件，为保证装夹精度，可用两顶尖装夹。顶尖分前顶尖和后顶尖。

(1) 前顶尖。前顶尖随主轴一起旋转，与主轴中心孔不产生摩擦。前顶尖的类型有两种：一种是插入主轴锥孔内的顶尖，如图 1-3-10 (a) 所示，这种顶尖安装牢固，适宜于批量生产工件；另一种是夹在卡盘上的顶尖，如图 1-3-10 (b) 所示，这种顶尖的优点是制造安装方便，定心准确，缺点是顶尖硬度不够，容易磨损，车削过程中容易抖动，只适用于小批量生产工件。

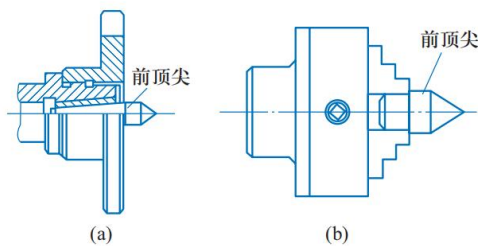


图 1-3-10 前顶尖
(a) 插入主轴锥孔内的顶尖；(b) 夹在卡盘上的顶尖

(2) 后顶尖。插入尾座套筒锥孔的顶尖叫作后顶尖。后顶尖又可分为固定顶尖(死顶尖)和回转顶尖(活顶尖)两种(见图 1-3-11)。其中回转顶尖使用较为广泛,但不适合在加工精度要求高的场合中使用。

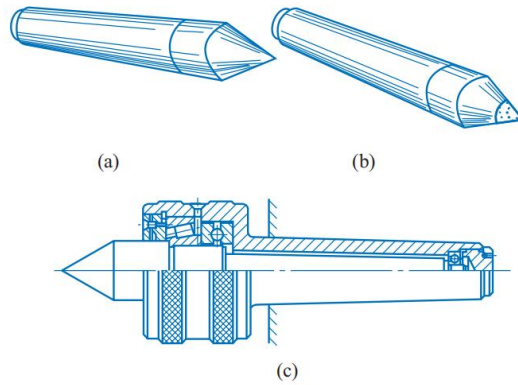


图 1-3-11 后顶尖

(a) 普通固定顶尖; (b) 硬质合金固定顶尖; (c) 回转顶尖

2. 用一夹一顶法装夹工件

当用一夹一顶法安装工件时,为了防止工件的轴向窜动,通常在卡盘内装一个轴向限位支撑[见图 1-3-12 (a)],或在工件的被夹持部位车削一个台阶,作为轴向限位支撑[见图 1-3-12 (b)]。

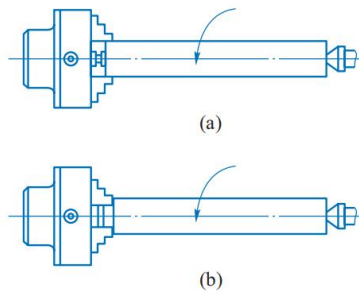


图 1-3-12 一夹一顶法装夹工件

由于一夹一顶法装夹刚性好,装夹工件比较安全、可靠,轴向定位准确,能承受较大的轴向切削力,因此应用广泛。但是这种方法对于相互位置精度要求较高的工件,在调头车削时校正较困难。

知识点五 可转位车刀基本知识



数控车刀和刀片

刀具、刀库及刀具测量装置是整个切削加工系统的重要组成部分。刀具是切削加工中的直接接触工件，是切除工件加工余量、完成加工成形的直接执行件，所以刀具性能的优劣直接决定了工件加工质量的好坏以及切削效率的高低。

一、数控车床刀具的分类

在数控加工中，为适应在一定的范围内随机变换加工内容的需求，还应该充分考虑刀具及其工具系统的构成、刀具库的建立、刀具信息编码与识别、刀具的调整与测量、刀具的存取管理等问题。数控车床刀具的结构形式如图 1-3-13 所示。

数控车床刀具分类方法很多，一般有以下几种分类方法。

1. 按照刀具结构分

按照刀具结构，数控车床常用刀具可分为整体式、镶嵌式。

(1) 整体式。整体式刀具是指刀具切削部分和夹持部分（也叫刀体）为固定一体式结构的刀具。按照刀体与刀具切削部分材料是否相同，整体式刀具分为焊接式刀具和整体材料式刀具。

① 焊接式刀具是指把刀片与刀体采用钎焊的方法焊接成一体的刀具。常用的焊接式刀具一般是采用硬质合金刀片焊接到刀具夹持体上构成的。

② 整体材料式刀具的特点如下：刀具强度、刚性好，几何尺寸准确，初始精度高，制造工艺简单。整体材料式刀具在高温下热应力均匀，刀具磨损后可以重新修磨。

目前数控车床刀具中整体式刀具所占比例逐步减少，正被机夹式刀具所取代。

(2) 镶嵌式。镶嵌式刀具即切削和夹持部分为采用不同材料制造的刀具，采用焊接或机夹式连接，其中机夹式又可分为机夹不转位式和机夹可转位式两种。

① 机夹不转位刀具的刀片不能转位，刀片一般只有一个参与切削的刀尖，刀片被磨钝后必须将刀片卸下重磨或者更换新刀片。

② 机夹可转位刀具由刀杆、刀片、定位元件和夹紧元件组成，采用装备有 2 个或者 2 个以上刀尖的刀片，刀片成为独立的功能元件，其切削性能得到了扩展和提高。由于机夹可转位刀具切削效率高，辅助时间少，所以提高了工效，而且可转位刀具的刀体可重复使用，节约了钢材和制造费用。

2. 其他特殊结构形式

如复合式、减震式、内冷式刀具等。

3. 按照制造刀具所用的材料分

- (1) 高速钢刀具。
- (2) 硬质合金刀具。
- (3) 金刚石刀具，包括单晶金刚石和聚晶金刚石刀具（polycrystalline diamond cutter, PCD）。
- (4) 其他材料刀具，如立方氮化硼（cubic boron nitride, CBN）刀具、陶瓷刀具和金属陶瓷刀具等。

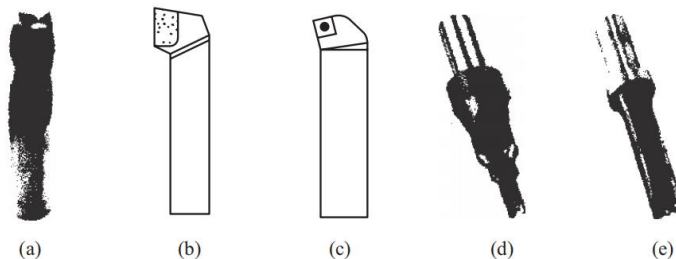


图 1-3-13 刀具结构形式

(a) 整体式立铣刀；(b) 焊接式车刀；(c) 机夹式车刀；(d) 复合式刀具；(e) 内冷式深孔钻

4. 按照切削工艺分

车削刀具按照切削工艺可分为外圆刀具、内孔刀具、螺纹刀具、切割刀具等多种。

二、可转位刀片型号



机夹可转位刀具结构

ISO 标准和我国标准规定了可转位刀片的型号是由代表一定意义的字母和数字按照一定顺序位置排列组成的。可转位刀片的型号，共用 10 个号位的内容来表示主要参数。

我国可转位刀片的型号表示方法、品种规格、尺寸系列、制造公差及尺寸的测量方法等，都和 ISO 标准相同。关于机夹可转位刀具的详细内容，可扫描左侧二维码进行了解。

三、使用机夹刀具的注意事项

- (1) 合理选择刀片几何角度和切削用量。可转位刀具的特点之一是卷屑和断屑性能好，但只是在限定的切削用量范围内。因此，使用可转位刀具时必须根据加工条件、

刀片型号和工件材料，查阅有关手册，或进行试切削，选用断屑效果较好的切削用量。

(2) 使用前仔细检查刀片和刀柄，如刀片的定位和夹紧是否可靠。

(3) 装夹刀片时，刀片定位面与刀垫、刀槽应保证接触良好，夹紧力不要过大，否则，在切削力作用下，刀片有可能由于受力不均而碎裂。

(4) 刀片磨损后应及时转位或更换。

知识点六 切削用量的选择

一、切削用量的基本概念

切削用量又称切削要素，它是度量主运动和进给运动大小的参数，包括切削深度、进给量和切削速度（在切削加工中又称切削三要素）。在金属切削加工过程中，要根据不同的刀具材料、工件材料、加工条件、加工精度及机床性能等综合考虑选择合理的切削用量。

1. 切削深度 (a_p)

车削工件上已加工表面与待加工表面之间的垂直距离叫作切削深度，又称背吃刀量，即每次进给车刀时车刀切入工件的深度（单位：mm）。

2. 进给量 (f)

刀具在进给方向上相对于工件的位置移动量称为进给量，它是描述进给运动的参数，可用工件每转一圈，车刀沿进给方向移动的距离表示（mm/r），华中数控系统常用该表示方法；也可用车刀每分钟的移动距离来表示（mm/min），发那科（FANUC）数控系统常用该表示方法。

3. 切削速度 (v_c)

在切削加工中，刀具切削刃上的某一点相对于工件待加工表面在主运动方向上的瞬时速度称为切削速度（单位：m/min），它是描述主运动的参数，也可以理解为车刀在1 min内车削工件表面的理论展开直线长度（假定切屑没有变形或收缩）。切削速度的计算公式为

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000}$$

式中： v_c ——切削速度，m/min；

n ——车床主轴转速，r/min；

d ——工件待加工表面的直径，mm。

车削时，当转速 n 值一定时，工件上不同直径处的切削速度是不同的，在计算时应取最大的切削速度。在车端面或切断、切槽时切削速度是变化的，切削速度随直径的变化而变化。因此，有些加工中为了保证工件表面质量，可采用恒速切削指令 G96。

二、合理选择切削用量的目的

在工件材料、刀具材料、刀具几何参数、车床等切削条件一定的情况下，选择切削用量，不仅对切削阻力、切削热、积屑瘤、工件的加工精度、表面粗糙度有很大的影响，而且与提高生产率、降低生产成本有密切的关系。虽然加大切削用量对提高生产效率有利，但过分增加切削用量会增加刀具磨损，影响工件质量，甚至会撞坏刀具，严重时还会产生“闷车”现象，所以必须合理地选择切削用量。

三、选择切削用量的一般原则

1. 粗车时切削用量的选择

粗车时，加工余量较大，主要应考虑尽可能提高生产效率和保证必要的刀具寿命。加工中对刀具寿命影响最小的是 a_p ，其次是 f ，影响最大的是 v_c 。这是因为切削速度对切削温度影响最大：切削速度增大，导致切削温度升高，刀具磨损加快，刀具使用寿命明显下降。所以，应首先选择尽可能大的切削深度，然后选取合适的进给量，最后在保证刀具经济耐用度的条件下，尽可能选取较大的切削速度。

(1) 选择切削深度。切削深度应根据工件的加工余量和工艺系统的刚性来选择。在保留半精加工余量 (1 ~ 3 mm) 和精加工余量 (0.1 ~ 0.5 mm) 后，应尽量将剩下的余量一次切除，以减少走刀次数。若总加工余量太大，一次切去所有余量将引起明显振动，或者刀具强度不允许，机床功率也不够，这时就应分两次或多次进刀，但第一次进刀深度必须选取得大一些。

(2) 选择进给量。制约进给量的主要因素是切削阻力和表面粗糙度要求。粗车时，对加工表面的粗糙度要求不高，只要工艺系统的刚性和刀具强度允许，可以选较大的进给量。

(3) 选择切削速度。粗车时切削速度的选择，主要考虑切削的经济性，既要保证刀具的经济耐用度，又要保证切削负荷不超过机床的额定功率。

刀具材料耐热性好，则切削速度可选高些。用硬质合金车刀比用高速钢车刀切削时的切削速度高。工件材料的强度高或硬度高或塑性太大或太小，其切削速度均应选取低些。断续切削（加工不连续表面时）应选取较低的切削速度。

2. 半精车和精车时切削用量的选择

半精车、精车时的切削用量，应以保证加工质量为主，并兼顾生产率和必要的刀具寿命。切削用量主要受表面粗糙度的限制，应尽可能选择较高的切削速度，然后选取较大的进给量。

(1) 选择切削速度。为了抑制积屑瘤的产生，提高表面粗糙度，当用硬质合金车刀切削时，一般可选用较高的切削速度（80 ~ 100 m/min）。

(2) 选择进给量。半精车和精车时，制约增大进给量的主要因素是表面粗糙度，因此，半精车尤其是精车时，通常选用较小的进给量。

(3) 选择切削深度。半精车和精车的切削深度，是根据加工精度和表面粗糙度的要求并由粗加工后留下的余量决定的。最后一刀的切削深度不宜选得过小，一般要大于刀尖圆弧半径，否则很难满足工件的表面粗糙度要求。

思政小故事

国家高级工艺美术技师——孟剑锋

北京亚太经济合作组织（Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC）会议上，我国送给外国领导人及其夫人国礼之一——“和美”纯银丝巾果盘，这种丝巾是由孟剑锋师傅在只有0.6 mm厚的银片上，经过上百万次的精雕细琢才打造出的“丝巾”。航天功勋、奥运会优秀运动员、抗震救灾纪念等奖章都是出自孟剑锋之手。

巩固知识

一、填空题

- 常用的刀具材料有_____、_____和_____。
- 车削用量包括_____、_____和_____。
- 粗加工时，应选择_____的背吃刀量、进给量，_____的切削速度。
- 精加工时，应选择较_____的背吃刀量、进给量，较_____的切削速度。

问题小贴士：

问题小贴士：

二、简答题

1. 对刀点、换刀点的概念是什么？各车刀的刀位点在哪儿？
2. 夹具的作用是什么？
3. 数控车床常用的三爪卡盘和四爪单动卡盘的作用和区别是什么？
4. 数控车床常用的装夹方式有哪些？
5. 工序划分方式有哪几种？
6. 工序集中和工序分散各自的优缺点是什么？
7. 选择切削路线的原则是什么？
8. 粗、精加工切削用量的选择原则是什么？如何选择？

任务四 阶梯轴精加工程序的编制与调试

任务描述

编制如图 1-4-1 所示零件的精加工程序。

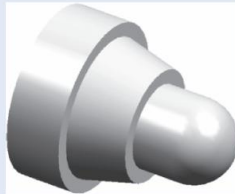


图 1-4-1 带圆弧的阶梯轴 3D 图 (1)

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级 / 中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及阶梯轴零件图，正确识读阶梯轴零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据数控车床编程手册，完成由直线组成的二维轮廓数控车削加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具	

任务目标

知识目标

1. 了解数控车削加工程序的组成结构；
2. 掌握数控车削编程常用基本代码的含义、格式及用法；
3. 掌握进给控制指令 G00/G01；
4. 掌握圆弧插补指令 G02/G03；
5. 掌握刀具半径补偿指令 G40/G41/G42。

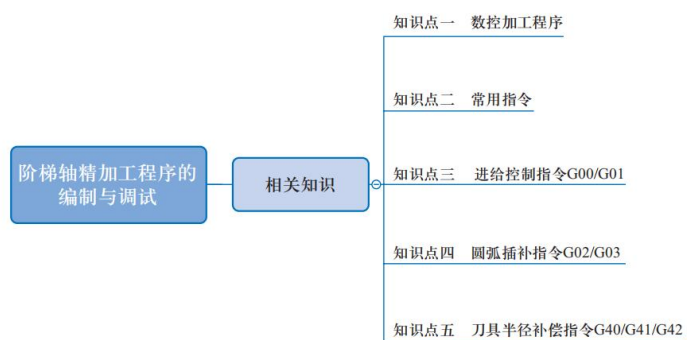
能力目标

1. 正确编制较复杂的阶梯轴零件的数控加工程序；
2. 正确使用刀具半径补偿指令；
3. 正确编制及应用锥面与圆弧的加工程序；
4. 掌握刀具半径补偿指令在编程中的应用。

素质目标

1. 诚实守信、爱岗敬业，具有精益求精的工匠精神；
2. 具有良好的职业素养。

学习导图



任务分析

任务书

如图 1-4-2 所示为带圆弧的阶梯轴 2D 图，毛坯为 $\phi 60 \text{ mm} \times 72 \text{ mm}$ 的 45 钢棒料，试编写轮廓的精加工程序。

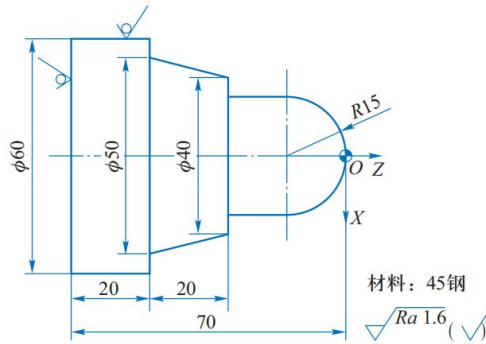


图 1-4-2 带圆弧的阶梯轴 2D 图 (1)

获取信息

▲ 引导问题 1: 数控加工指令有哪几大类? 能实现什么功能?

▲ 引导问题 2: 图 1-4-2 所示零件结构主要由什么面组成? 加工时定位基准、工件零点如何确定?

▲ 引导问题 3: 图 1-4-2 所示零件的主要尺寸有哪些? 加工时刀具如何选择? 如何合理拟定零件加工工艺路线? 根据分析结果填写表 1-4-1。

表 1-4-1 阶梯轴数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5	表面质量要求		

工作计划

▲ 引导问题 4: 根据加工零件, 选择合适的机床设备和刀、量、夹具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 1-4-2。

表 1-4-2 阶梯轴数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			
4			

▲ 引导问题 5: 编写程序, 并填写表 1-4-3。

表 1-4-3 阶梯轴数控加工程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

▲ 引导问题 6: 模拟加工。模拟加工时如何进行毛坯大小与位置、刀具参数的设置。具体考核项目见表 1-4-4。

(1) 毛坯大小与位置: _____

(2) 刀具参数: _____

(3) 记录模拟加工过程中不符合要求的地方, 分析原因, 写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方: _____

原因: _____

预防措施: _____

 小提示



阶梯轴精加工模拟视频

表 1-4-4 数控机床模拟加工部分的考核与评分表

序号	考核内容	配分	评分标准	考核记录	得分
1	软件基本操作	10	操作工具条、菜单, 建立新文件, 打开、保存文件, 选择机床规格, 设置工件参数, 测量工件等是否合理使用。错误使用酌情扣分		
2	机床操作面板	10	操作面板的各图标使用, 回参考点, 坐标轴移动, 开、关主轴, 启动程序加工零件, 试运行程序, 单步运行等是否合理使用。错误使用酌情扣分		
3	数控系统操作	10	熟悉工具条和菜单各图标的含义, 操作面板手工输入 NC 程序、从计算机输入程序, 输入零件原点参数、刀具补偿参数, 显示坐标等是否合理使用。错误使用酌情扣分		
4	程序编辑	20	编辑 NC 程序 (选择一个程序、删除一个程序、删除全部程序、搜索一个指定的代码), 手动输入数据等是否合理使用。错误使用酌情扣分		
5	零件数控模拟加工操作	50	编制工艺, 选择刀具, 编制程序, 回零, 对刀 (设置工件零点), 程序输入, 选择工件毛坯, 加工零件, 测量工件等是否合理使用。错误使用酌情扣分		
6	合计	100	得分: _____	组长签字: _____	年 月 日

任务反思

根据模拟加工结果进行小组讨论，并填写表 1-4-5。

表 1-4-5 阶梯轴精加工程的编制与调试个人反思表

序号	出现的问题	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

阶梯轴精加工程的编制与调试综合评价表见表 1-4-6。

表 1-4-6 阶梯轴精加工程的编制与调试综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10 分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5 分			
	刀具与工艺	10 分			
	编写程序	20 分			
	模拟加工结果	15 分			
	零件合格与否	10 分			
3. 团队合作精神及参与度		10 分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10 分			
5. 任务反思		10 分			
总分		100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字：_____ 年 月 日		教师签字：_____ 年 月 日			
备注：					

相关知识

知识点一 数控加工程序

在数控车床上加工零件，首先要编制程序，然后用该程序控制车床的运动。数控指令的集合称为程序，在程序中根据车床的实际运动顺序书写这些指令。

一、数控加工程序的组成

一个完整的数控加工程序由程序号、若干程序段（程序体）、程序结束 3 个部分组成。

1. 程序号

程序号为程序的开始部分，为区别存储器中的数控加工程序，每个数控加工程序都要有程序号。程序号一般由规定的字母“O”“P”或符号“%”“:”以及后面的若干位数字组成，后面的数字有两位数字和四位数字两种。

2. 程序体

程序体是整个程序的核心，由许多程序段组成，每个程序段由一个或多个指令组成，表示数控机床要完成的全部动作。

3. 程序结束

以程序结束指令 M02 或 M30 作为整个程序结束的符号，来结束整个程序。

二、程序段的格式和组成

一个程序段由程序段号和若干个“指令字”组成，一个“指令字”由地址符和数字组成。程序段号加上若干程序指令字就可组成一个程序段。在程序段中表示地址的英文字母可分为尺寸地址和非尺寸地址两种（见表 1-4-7）。

表 1-4-7 表示地址的常用英文字母含义表

功能	地址	意义
程序号	O	程序号
顺序号	N	顺序号
准备功能	G	指定运动方式（直线、圆弧）

续表

功能	地址	意义
指令字	X, Y, Z, U, V, W, A, B, C	坐标轴运动指令
	I, J, K	圆弧中心坐标
	R	圆弧半径
进给功能	F	每分钟进给速度或每转进给速度
主轴转速功能	S	主轴转速
刀具功能	T	刀具号
辅助功能	M	机床开关控制
	B	工作台分度等
暂停	P, X, U	暂停时间
程序号指定	P	子程序号
重复次数	K, L	子程序重复次数
参数	P, Q	固定循环参数

知识点二 常用指令

一、准备功能 G 指令

准备功能主要用来控制机床或数控系统的工作方式。华中 HNC-818A 数控系统的准备功能字由地址符 G 和其后的一位或两位数字组成，用来规定刀具和工件的相对运动轨迹、机床坐标系、坐标平面、刀具补偿、坐标偏置等多种参数。具体 G 指令的功能见表 1-4-8。

表 1-4-8 G 指令的功能

G 指令	功能	G 指令	功能
G00*	快速定位	G21*	米制(公制)单位设定
G01	直线插补	G28	从中间点返回到参考点
G02	顺时针方向圆弧插补	G29	从参考点返回
G03	逆时针方向圆弧插补	G32	螺纹车削
G04	暂停指令	G36*	直径编程
G20	英制单位设定	G37	半径编程

续表

G 指令	功能	G 指令	功能
G40*	刀具半径补偿取消	G73	闭环车削复合循环
G41	刀具半径左补偿	G76	螺纹切削复合循环
G42	刀具半径右补偿	G80*	内、外径车削固定循环
G53	机床坐标系选择	G81	端面车削固定循环
G54*	工件坐标系设定	G82	螺纹切削固定循环
G55	工件坐标系设定	G90*	绝对值编程
G56	工件坐标系设定	G91	增量值编程
G57	工件坐标系设定	G92	工件坐标系设定
G58	工件坐标系设定	G94*	每分钟进给
G59	工件坐标系设定	G95	每转进给
G71	内、外径粗车复合循环	G96	恒线速度控制
G72	端面车削复合循环	G97*	取消恒线速度控制

注：1. G 指令有非模态指令，只在本程序段有效；有模态指令，为一次指定后持续有效，直到被本组其他指令所代替。G04 指非模态指令。

2. 标有 * 的指令为数控系统通电启动后的默认指令。

二、辅助功能 M 指令

辅助功能也称 M 功能，主要用于控制机床各种辅助功能的开关动作，如主轴的开、停，冷却液的开、关等。华中 HNC-818A 数控系统辅助功能由地址符 M 和其后的两位或三位数字组成。常用 M 指令的功能具体见表 1-4-9。

表 1-4-9 M 指令的功能

M 指令	模态	功能	M 指令	模态	功能
M00	非模态	程序暂停	M07	模态	冷却液开
M01	非模态	选择暂停	M08	模态	冷却液开
M02	模态	程序结束	M09	模态	冷却液关
M03	模态	主轴正转	M30	非模态	程序结束，光标复位
M04	模态	主轴反转	M98	非模态	调用子程序
M05	模态	主轴停止	M99	非模态	子程序结束，返回主程序

三、主轴功能、进给功能和刀具功能

1. 主轴功能

主轴转速功能表示机床主轴的转速大小，由 S 和后面的若干数字组成。

例如，M03 S600 表示主轴以 600 r/min 的速度正转。

2. 进给功能

进给功能表示刀具中心运动时的进给速度，由 F 和其后的若干数字组成。数字的单位取决于数控系统所采用的进给速度的指定方式。

(1) 每分钟进给量。每分钟进给指令 G94，在含有 G94 的程序段后面，遇到 F 指令时，则认为 F 所指定的进给速度单位为 mm/min。系统开机状态为 G94 状态，只有输入 G95 指令后，G94 才被取消。

(2) 每转进给量。每转进给指令 G95，即主轴转一周时刀具的进给量。在含有 G95 的程序段后面，遇到 F 指令时，则认为 F 所指定的进给速度单位为 mm/r。

3. 刀具功能

刀具功能用于指定刀具号和刀具参数，由 T 和其后的 4 位数字组成。

(1) 格式：T XX XX。

(2) 说明：前两位表示刀具刀号，后两位表示刀具补偿号；刀具的刀号要与刀架上的刀位号相对应；刀具刀号和刀具补偿号不必相同，但为了方便，通常一致。取消刀具补偿的 T 指令格式为 T0000。

四、绝对值编程、增量值编程指令

绝对值编程、增量值编程指令分别为 G90 和 G91 指令。

1. G90

G90 为绝对值编程指令，每个编程坐标轴上的编程值是相对于程序原点而言的。

2. G91

G91 为增量值编程指令，每个编程坐标轴上的编程值是相对于前一位置而言的，该值等于沿轴移动的距离。

五、控制主轴指令

控制主轴指令为 G96/G97。

1. 格式

G96 S _;

G97 S __;

2. 说明

G96: 恒线速度控制; G97: 取消恒线速度控制。

S: G96 后面的 S 值为切削的恒线速度, 单位为 m/min; G97 后面的 S 值为取消恒线速度后, 指定的主轴转速, 单位为 r/min; 如缺省, 则为执行 G96 指令前的主轴转速。

知识点三 进给控制指令 G00/G01

一、快速定位指令 (G00)

1. 格式

G00 X (U) __ Z (W) __;

2. 说明

X、Z: 在进行绝对值编程时, 快速定位终点在工件坐标系中的坐标。

U、W: 在进行增量值编程时, 快速定位终点相对于起点的位移量。

G00 指令中的快速移动速度由机床参数“快移进给速度”对各轴分别进行设定, 不能用 F 规定。

G00 一般用于加工前快速定位或加工后快速退刀。快移速度可由面板上的快速修调按钮修正。G00 为模态功能, 可由 G01、G02、G03 或 G32 功能注销。

二、直线插补及倒角指令 (G01)

1. 直线插补

(1) 格式: G01 X (U) __ Z (W) __ F __;

(2) 说明。

X、Z: 在进行绝对值编程时, 终点在工件坐标系中的坐标。

U、W: 在进行增量值编程时, 终点相对于起点的位移量。

F: 合成进给速度。

2. 倒直角

(1) 格式: G01 X (U) __ Z (W) __ C __;

(2) 说明。

直线倒角 G01: 指令刀具从 A 点到 B 点, 然后到 C 点 [如图 1-4-3 (a) 所示]。

X、Z: 在进行绝对值编程时, 未倒角前两相邻轨迹程序段的交点 G 的坐标值。



直线插补
指令 G01 微课

U、W：在进行增量值编程时，G点相对于起始直线轨迹的始点A的移动距离。

C：相邻两直线的交点G，相对于倒角始点B的距离。

3. 倒圆角

(1) 格式：G01 X(U) __ Z(W) __ R __；

(2) 说明。

直线倒角 G01：指令刀具从 A 点到 B 点，然后到 C 点 [如图 1-4-3 (b) 所示]。

X、Z：在进行绝对值编程时，未倒角前两相邻轨迹程序段的交点 G 的坐标值。

U、W：在进行增量值编程时，G 点相对于起始直线轨迹的始点 A 的移动距离。

R：倒角圆弧的半径值。

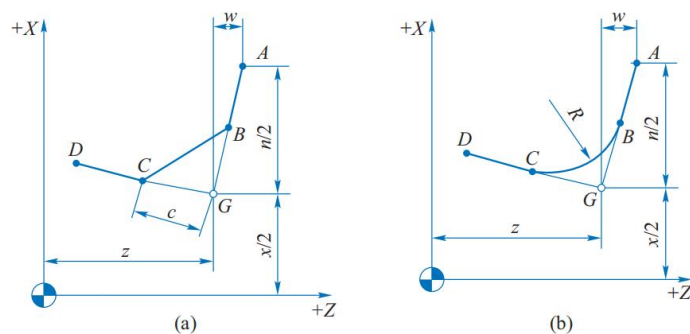


图 1-4-3 倒角参数

例 1-1 用倒角指令编制图 1-4-4 所示零件的加工程序。

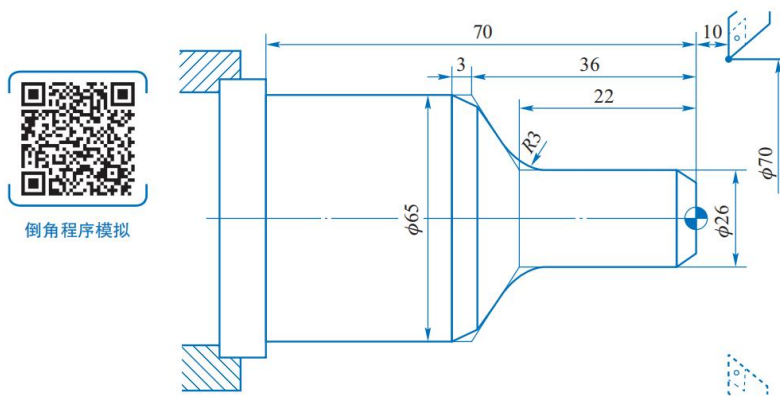


图 1-4-4 倒角编程实例

解 参考程序如表 1-4-10 所示。

表 1-4-10 例 1-1 程序

段号	O0008 (HNC-818A)	O0008 (FANUC 0i)	程序说明
N10	G00 U-70 W-10;	G00 U-70 W-10;	移到工件前端面中心处
N20	G01 U26 C3 F100;	G01 U26 C3 F0.2;	倒 $3 \times 45^\circ$ 直角
N30	Z-22 R3;	Z-22 R3;	倒 R3 圆角
N40	X65 Z-36 C3;	X65 Z-36 C3;	倒边长为 3 mm 的倒角
N50	Z-70;	Z-70;	加工 $\phi 65$ mm 的外圆
N60	G00 U5 W80 M05;	G00 U5 W80 M05;	回到编程起点
N70	M30;	M30;	主轴停、主程序结束并复位

知识点四 圆弧插补指令 G02/G03

一、指令介绍

1. 格式

G02/G03 X (U)___ Z (W)___ R___ F___ ;

2. 说明

X、Z：在进行绝对值编程时，圆弧终点在工件坐标系中的坐标。

U、W：在进行增量值编程时，圆弧终点相对于圆弧起点的位移量。

R：圆弧半径。

F：被编程的两个轴的合成进给速度。

二、圆弧顺逆的判断

圆弧插补指令分为顺时针方向圆弧插补指令 G02 和逆时针方向圆弧插补指令 G03。圆弧插补的顺逆可按图 1-4-5 给出的方向判断：向沿圆弧所在平面（如 XZ 平面）的垂直坐标轴的负方向（-Y）看去，顺时针方向为 G02，逆时针方向为 G03。

数控车床是两坐标的机床，只有 X 轴和 Z 轴，按右手定则的方法将 Y 轴也加上来考虑。观察者让 Y 轴的正向指向自己（沿 Y 轴的负方向看去），站在这样的位置上就可正确判断 XZ 平面上圆弧的顺、逆时针了。



圆弧插补
指令 G02 微课

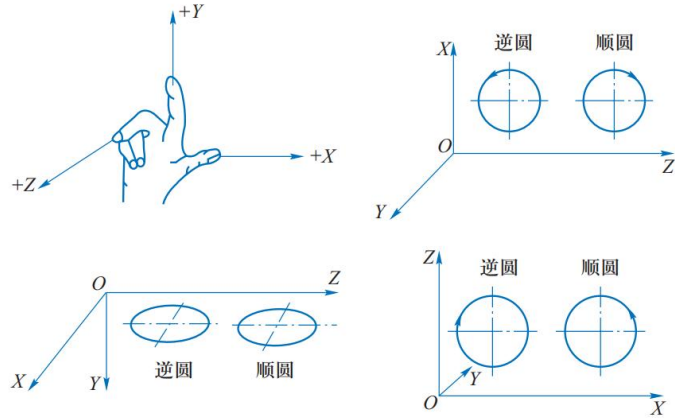


图 1-4-5 圆弧顺逆的判断

三、说明

当用半径值指定圆心位置时，由于在同一半径值的情况下，从圆弧的起点到终点有两个圆弧的可能性，为区别二者，规定圆心角小于或等于 180° 时，用“+R”表示半径值。若圆弧圆心角大于 180° ，则用“-R”表示。

如图 1-4-6 所示为 G02 应用实例，如图 1-4-7 所示为 G03 应用实例。G02 应用实例与 G03 应用实例的程序代码如表 1-4-11 所示。

表 1-4-11 G02 应用实例与 G03 应用实例的程序代码

G02 应用实例程序代码	G03 应用实例程序代码
N04 G01 Z-30.0 F80;	N04 G00 X28.0 Z-40;
N05 G02 X40.0 Z-40.0 R10 F60;	N05 G03 X40 Z-46.0 R6 F80;

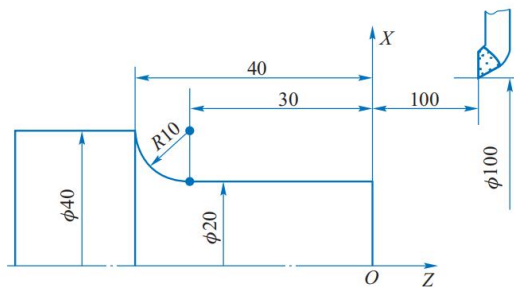


图 1-4-6 G02 应用实例

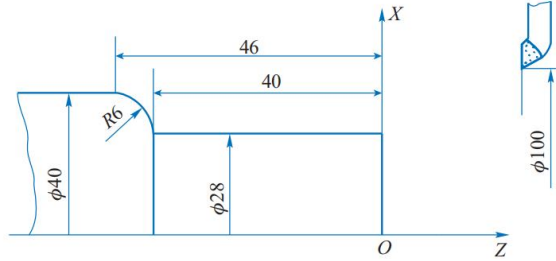


图 1-4-7 G03 应用实例

知识点五 刀具半径补偿指令 G40/G41/G42

1. 格式

$$\left. \begin{matrix} \{G00\} \\ \{G01\} \end{matrix} \right\} \left. \begin{matrix} \{G41\} \\ \{G42\} \\ \{G40\} \end{matrix} \right\} X_Z_;$$

2. 说明

数控程序一般是针对刀具上的某一点即刀位点，按工件轮廓尺寸编制的。车刀的刀位点一般为理想状态下的假想刀尖点或刀尖圆弧圆心点。但对于实际加工中的车刀，由于工艺或其他要求，其刀尖往往不是一个理想点，而是一段圆弧。当进行切削加工时，刀具切削点在刀尖圆弧上变动，造成实际切削点与刀位点之间的位置有偏差，因而造成少切或过切，如图 1-4-8 所示。这种由于刀尖不是一个理想点而是一段圆弧造成的加工误差，可用刀尖圆弧半径补偿功能来消除。

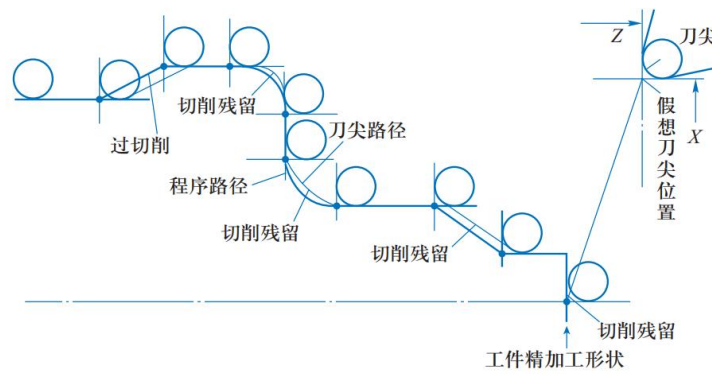


图 1-4-8 刀尖圆角造成的少切和过切

刀尖圆弧半径补偿是通过 G40、G41、G42 代码及 T 代码指定的刀尖圆弧半径补偿号，取消或加入半径补偿。

G40：刀具半径补偿取消。

G41：左刀补（在刀具前进方向左侧补偿），如图 1-4-9 (a) 所示。

G42：右刀补（在刀具前进方向右侧补偿），如图 1-4-9 (b) 所示。

X、Z：G00/G01 的参数，即建立刀补或取消刀补的终点。

3. 注意点

(1) G40、G41、G42 都是模态代码，可相互注销。

(2) G41/G42 不带参数，其补偿号（代表所用刀具对应的刀尖半径补偿值）由 T 代码指定，其刀尖圆弧补偿号与刀具偏置补偿号对应。

(3) 刀尖半径补偿的建立与取消只能用 G00 或 G01 指令，不能用 G02 或 G03 指令。刀尖圆弧半径补偿寄存器中，定义了车刀圆弧半径及刀尖的方向号。

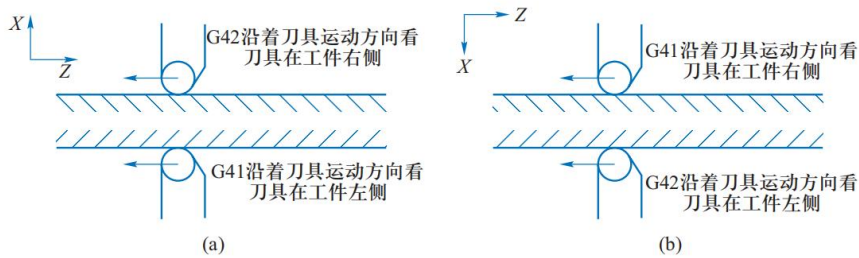


图 1-4-9 左刀补和右刀补

(a) 上手刀，刀架在操作者的外侧；(b) 下手刀，刀架在操作者的内侧

车刀刀尖的位置码定义了刀具刀位点与刀尖圆弧中心的位置关系，其从 0~9 有十个方向，如图 1-4-10 所示。

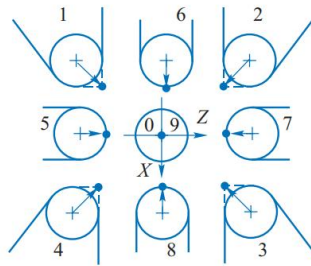


图 1-4-10 车刀刀尖位置码定义

注：●代表刀具刀位点 A，+代表刀尖圆弧圆心 O。

例 1-2 考虑刀尖半径补偿，编制如图 1-4-11 所示零件的加工程序。

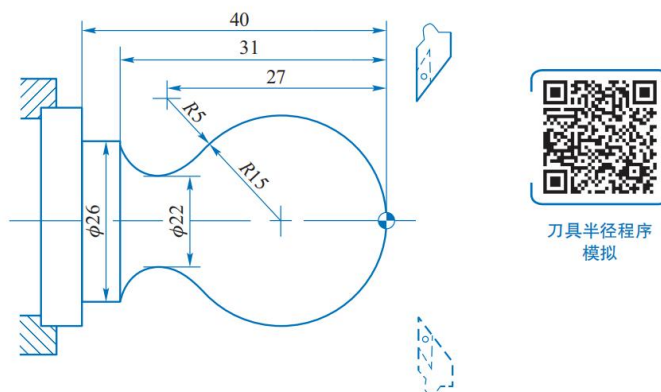


图 1-4-11 刀尖半径补偿编程实例

解 参考程序如表 1-4-12 所示。

表 1-4-12 例 1-2 程序

段号	O0011 (HNC-818A)	O0011 (FANUC 0i)	程序说明
N1	T0101;	T0101;	换 1 号刀，确定其坐标系
N2	M03 S400;	M03 S400;	主轴以 400 r/min 正转
N3	G00 X40 Z5;	G00 X40 Z5;	到程序起点位置
N4	G00 X0;	G00 X0;	刀具移到工件中心
N5	G01 G42 Z0 F60;	G01 G42 Z0 F0.1;	加入刀具圆弧半径补偿
N6	G03 U24 W-24 R15;	G03 U24 W-24 R15;	加工 R15 圆弧段
N7	G02 X26 Z-31 R5;	G02 X26 Z-31 R5;	加工 R5 圆弧段
N8	G01 Z-40;	G01 Z-40;	加工 $\phi 26$ mm 外圆
N9	G00 G40 X40;	G00 G40 X40;	退出已加工表面，取消半径补偿
N10	X100 Z200 M05;	X100 Z200 M05;	主轴停
N11	M30;	M30;	主程序结束并复位

思政小故事

人生没有回头路

成长的道路上，会遇到很多挫折和困难，在无法避免的情况下，我们要勇敢地面对，勇于挑战，不要后悔，继续向前走！

巩固知识

问题小贴士：

一、选择题

1. ISO 标准规定增量尺寸方式的指令为 ()。
A. G90 B. G91
C. G92 D. G93
2. G00 指令与下列的 () 指令不是同一组的。
A. G01 B. G02
C. G03 D. G04
3. 下列 G 指令中 () 是非模态指令。
A. G00 B. G01
C. G04 D. G02
4. 用于指令动作方式的准备功能的指令代码是 ()。
A. F 代码 B. G 代码
C. T 代码 D. S 代码
5. 辅助功能中表示无条件程序暂停的指令是 ()。
A. M00 B. M01
C. M02 D. M30
6. G00 的指令移动速度值由 ()。
A. 机床参数指定 B. 数控程序指定
C. 操作面板指定 D. 操作人员指定
7. 程序结束时，以 () 指令表示。
A. M00 B. M01
C. M02 D. M03

问题小贴士:

8. G92 的作用是 ()。
- A. 设定长度补偿值 B. 设定工件坐标系
C. 设定机床坐标系 D. 增量坐标编程
9. 使主轴正转的指令是 ()。
- A. G02 B. G03 C. M02 D. M03
10. 主轴停止的指令是 ()。
- A. M02 B. M03 C. M04 D. M05
11. 可由 CNC 车床操作者执行选择性程序停止的指令是 ()。
- A. M00 B. M01 C. M03 D. M04
12. 与切削液有关的指令是 ()。
- A. M04 B. M05 C. M06 D. M08
13. 切削的三要素有进给量、切削深度和 ()。
- A. 切削厚度 B. 切削速度 C. 进给速度 D. 背吃刀量
14. 数控车床中, 转速功能字 S 可指定为 ()。
- A. mm/r B. r/min 或 mm/min
C. m/min D. m/r
15. 数控车床的 F 功能常用 () 单位。
- A. m/min B. mm/min 或 mm/r
C. m/r D. mm
16. G02 X20 Y20 R-10 F100; 所加工的一般是 ()。
- A. 整圆
B. 夹角角度小于等于 180° 的圆弧
C. $180^\circ <$ 夹角角度 $< 360^\circ$ 的圆弧
D. 半圆
17. 圆弧插补方向 (顺时针和逆时针) 的规定与 () 有关。
- A. X 轴
B. Z 轴
C. 不在圆弧平面内的坐标轴
D. A 轴
18. 圆弧插补指令 G03 X_Y_R_ 中, X、Y 后的值表示圆弧的 ()。

3. 车床数控系统中，进行恒线速控制的指令是_____。 **问题小贴士：**
4. 子程序结束并返回主程序的指令是_____。
5. 进给量的单位有 mm/r 和 mm/min，其指令分别为_____。
6. 刀具位置补偿包括_____和_____。
7. 建立或取消刀具半径补偿的偏置是在_____的
执行过程中完成的。

三、判断题

1. 程序段的顺序号，根据数控系统的不同，在某些系统中可以省略。
()
2. G 代码可以分为模态 G 代码和非模态 G 代码。
()
3. 不同的数控机床可能选用不同的数控系统，但数控加工程序指令都是相同的。
()
4. 数控车床的刀具功能字 T 既指定了刀具数，又指定了刀具号。
()
5. 车床的进给方式分每分钟进给和每转进给两种，一般可用 G94 和 G95 区分。
()
6. 指令 M02 的功能为程序结束，同时复位功能。
()
7. 数控车床适用于单品种、大批量工件的生产。
()
8. 绝对值编程和增量值编程不能在同一程序中混合使用。
()
9. 当数控加工程序编制完成后即可进行正式加工。
()
10. 非模态指令只能在本程序段内有效。
()
11. 顺时针方向圆弧插补 (G02) 和逆时针方向圆弧插补 (G03) 的判别方向是：沿着不在圆弧平面内的坐标轴正方向向负方向看去，顺时针方向为 G02，逆时针方向为 G03。
()
12. 在进行圆弧插补半径编程时，当圆弧所对应的圆心角大于 180° 时，半径取负值。
()
13. 刀具补偿功能包括刀补的建立、刀补的执行和刀补的取消 3 个阶段。
()
14. G40 是数控编程中的刀具半径左补偿指令。
()
15. 数控车床加工球面工件是按照数控系统编程的格式要求，写出相应的圆弧插补程序段。
()

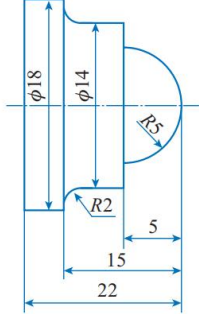
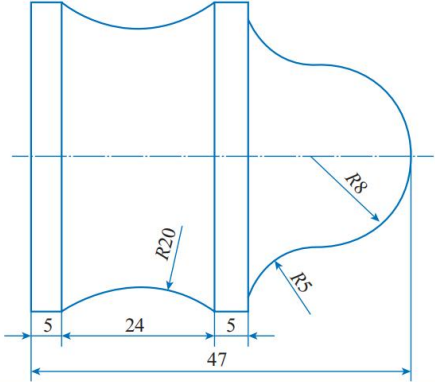
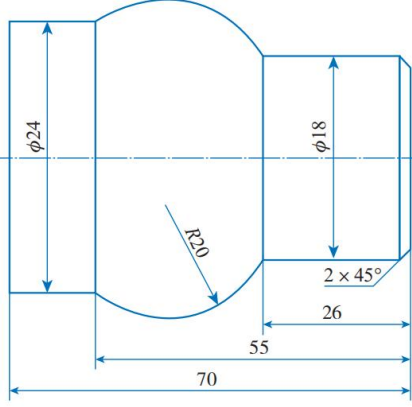
四、编程题

在零件图中标出工件坐标系零点、精加工进刀点、精加工退刀点，画出精加工走刀轨迹，并将精加工程序编写在表 1-4-13 中。

表 1-4-13 零件图与精加工程序

序号	零件图	精加工程序
1		
2		
3		

续表

序号	零件图	精加工程序
4	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. The shaft has a total length of 22. It features a diameter of $\phi 18$ for the first 5 units, a diameter of $\phi 14$ for the next 15 units, and a radius of $R5$ at the end. A fillet with a radius of $R2$ is shown at the transition between the two diameters.</p>	
5	 <p>Technical drawing of a shaft with a total length of 47. It has a diameter of $\phi 24$ for the first 5 units, a diameter of $\phi 18$ for the next 24 units, and a diameter of $\phi 18$ for the final 5 units. The shaft features radii of $R20$, $R8$, and $R5$ at various points.</p>	
6	 <p>Technical drawing of a shaft with a total length of 70. It has a diameter of $\phi 24$ for the first 55 units and a diameter of $\phi 18$ for the final 15 units. The shaft features a radius of $R20$ and a chamfer of $2 \times 45^\circ$ at the end. A dimension of 26 is also indicated.</p>	

续表

序号	零件图	精加工程序
7		<pre> %0006 N10 T0101; N20 _____ ; (主轴正转, 转速 500 r/min) N30 G00 X0 Z2; N40 G01 Z0 F80; N50 _____ ; (R14 圆弧面车削) N60 _____ ; (圆锥面车削) N70 Z59; N80 _____ ; (R5 圆弧面车削) N90 G00 X80 Z50 M05; N100 _____ ; (程序结束并返回) </pre>

任务五 阶梯轴加工

任务描述

编制图 1-5-1 所示带圆弧的阶梯轴零件(毛坯尺寸为 $\phi 60 \text{ mm} \times 110 \text{ mm}$) 的加工程序。要求: 循环起始点的坐标为 (62, 2), 切削深度为 2 mm (半径量), 退刀量为 1 mm, X 方向精加工余量为 0.4 mm, Z 方向精加工余量为 0.1 mm。

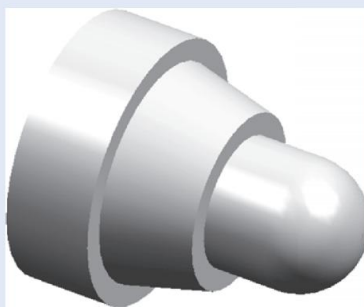


图 1-5-1 带圆弧的阶梯轴 3D 图 (2)

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据零件图、机械加工工艺文件及编程手册，完成阶梯轴零件数控加工程序的编写	
2	能根据数控车床操作手册和机械加工工艺文件要求，使用对刀工具完成数控车床的对刀，并完成阶梯轴的加工	
3	能根据安全文明生产制度，做到着装整洁、规范，正确使用安全防护用品，符合安全文明生产要求	

任务目标

知识目标

1. 理解固定循环指令 G80；
2. 掌握复合循环指令 G71/G73。

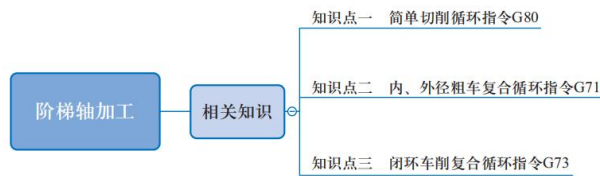
能力目标

1. 能正确编制较复杂的阶梯轴零件的数控加工程序；
2. 能正确使用刀具半径补偿指令；
3. 能正确编制及应用锥面与圆弧的加工程序。

素质目标

1. 具有正确的世界观、人生观、价值观，具有社会责任感和参与意识；
2. 诚实守信、爱岗敬业，具有精益求精的工匠精神；
3. 具有绿色环保意识、安全意识、信息素养、创新精神；
4. 具有较强的集体意识和团队合作精神，能够进行有效的人际沟通和协作。

学习导图



任务分析

任务书

编制图 1-5-2 所示带圆弧的阶梯轴零件（毛坯尺寸为 $\phi 60 \text{ mm} \times 110 \text{ mm}$ ）的加工程序。要求：循环起始点的坐标为 $(62, 2)$ ，切削深度为 2 mm （半径量），退刀量为 1 mm ， X 方向精加工余量为 0.4 mm ， Z 方向精加工余量为 0.1 mm 。

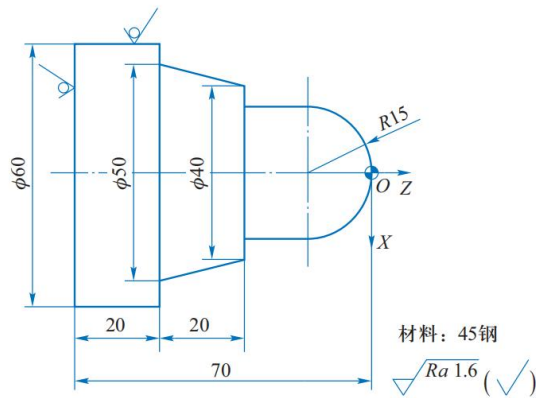


图 1-5-2 带圆弧的阶梯轴 2D 图 (2)

获取信息

引导问题 1：此零件加工时，粗加工循环点应设在哪？每一刀的背吃刀量多大？精加工余量如何确定？

工作计划

▲ 引导问题 2: 根据加工零件, 选择合适的机床设备和刀、量、夹具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 1-5-1。

表 1-5-1 阶梯轴的数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			
4			

▲ 引导问题 3: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 4: 粗、精加工对转速及进给量各有什么要求? 为什么?

▲ 引导问题 5: 编写程序, 填写表 1-5-2。

表 1-5-2 阶梯轴数控加工程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

▲ 引导问题 6: 模拟加工。模拟加工时如何进行毛坯大小与位置、刀具参数的设置?

(1) 毛坯大小与位置: _____

(2) 刀具参数: _____

(3) 记录模拟加工过程中不符合要求的地方, 分析原因, 写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方: _____

原因: _____

预防措施: _____

加工实施

▲ 引导问题 7: 粗加工后精车时如何保证尺寸? 如何改刀补来保证尺寸?

华中 HNC-818A 数控系统如何改刀补?

FANUC 数控系统如何改刀补?

质量检测

按表 1-5-3 对零件进行检测, 将结果填入。

表 1-5-3 阶梯轴的数控加工自检表

零件名称	阶梯轴			允许读数误差 ± 0.007 mm				老师评价	
	序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果				项目判定
No.1					No.2	No.3	平均值		
1	外径							合 否	合 否
2	外径							合 否	合 否
3	长度							合 否	合 否
结论 (对上述测量尺寸进行评价)			合格品 次品 废品						
处理意见									

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 1-5-4。

表 1-5-4 阶梯轴的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字： 年 月 日				

综合评价

阶梯轴的数控加工综合评价表见表 1-5-5。

表 1-5-5 阶梯轴的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5分			
	刀具与工艺	10分			
	编写程序	10分			
	机床操作	15分			
	零件合格与否	20分			
3. 团队合作精神和参与度		10分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10分			
5. 任务反思		10分			
总分		100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字： 年 月 日		教师签字： 年 月 日			
备注：					

相关知识

知识点一 简单切削循环指令 G80

1. 圆柱面内、外径切削循环

(1) 格式: G80 X(U) __ Z(W) __ F __;

(2) 说明。

X、Z: 在进行绝对值编程时, 为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标; 在进行增量值编程时, 为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离, 图形中用 U、W 表示, 其符号由轨迹 1 和轨迹 2 的方向确定。

该指令执行如图 1-5-3 所示 A—B—C—D—A 的轨迹动作。



内、外径切削循环指令 G80 微课

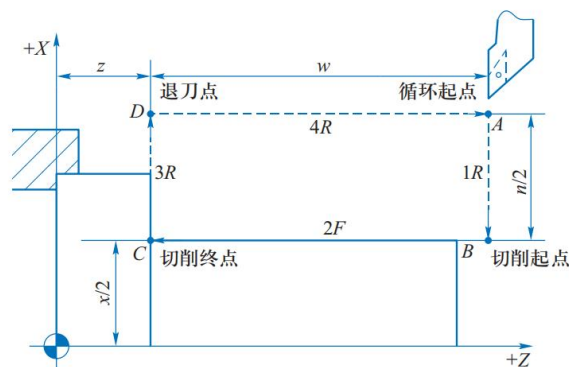


图 1-5-3 圆柱面内、外径切削循环

2. 圆锥面外径切削循环

(1) 格式: G80 X __ Z __ I __ F __;

(2) 说明。

X、Z: 在进行绝对值编程时, 为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标; 在进行增量值编程时, 为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离, 图形中用 U、W 表示。

I: 切削起点 B 与切削终点 C 的半径差, 其符号为差的符号 (无论是绝对值编程还是增量值编程)。该指令执行如图 1-5-4 所示 A—B—C—D—A 的轨迹动作。

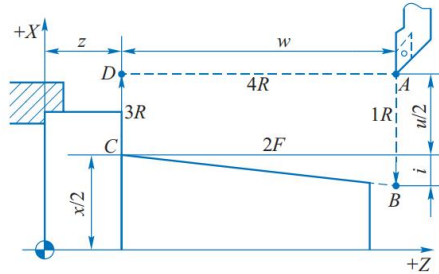


图 1-5-4 圆锥面内(外)径切削循环

知识点二 内、外径粗车复合循环指令 G71



粗加工复合循环
指令 G71 微课

1. 格式

(HNC-818A) G71 U (Δd) R (r) P (ns) Q (nf) X (Δx) Z (Δz)
F (f) S (s) T (t);

(FANUC 0i) G71 U (Δd) R (r);

G71 P (ns) Q (nf) U (Δx) W (Δz) F (f) S (s) T (t);

该指令执行如图 1-5-5 所示的粗加工和精加工, 其中精加工路径为 $A \rightarrow A' \rightarrow B' \rightarrow B$ 的轨迹。

2. 说明

Δd : 切削深度(每次切削量), 在指定时不加符号, 方向由矢量 AA' 决定。

r : 每次退刀量。

ns : 精加工路径第一程序段(图中的 AA') 的序号。

nf : 精加工路径最后程序段(图中的 BB') 的序号。

Δx : X 轴方向的精加工余量。

Δz : Z 轴方向的精加工余量。

f, s, t : 粗加工时 G71 中编程的 F、S、T 有效, 而精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效。

在 G71 指令切削循环下, 切削进给方向平行于 Z 轴, X (Δu) 和 Z (Δw) 的符号如图 1-5-6 所示。其中, (+) 表示沿轴正方向留精加工余量, (-) 表示沿轴负方向留精加工余量。

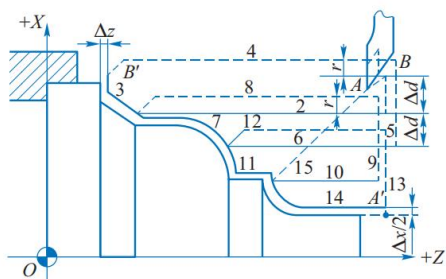
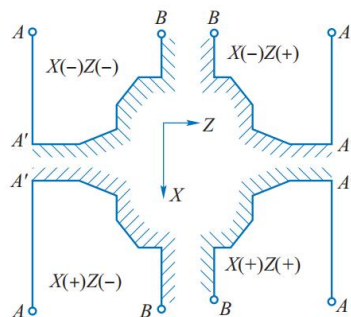


图 1-5-5 外径粗、精车复合循环

图 1-5-6 复合循环 X (Δu) 和 Z (Δw) 的符号

3. FANUC 数控系统精加工指令 G70

(1) 格式: G70 P (*ns*) Q (*nf*);

(2) 说明。

P (*ns*): 精加工开始第一句的程序段号;

Q (*nf*): 精加工结束的程序段号。

知识点三 闭环车削复合循环指令 G73

1. 格式

(HNC-818A) G73 U (Δi) W (Δk) R (*r*) P (*ns*) Q (*nf*) X (Δx) Z (Δz)

F (*f*) S (*s*) T (*t*);

(FANUC 0i) G73 U (Δd) R (*r*);

G73 P (*ns*) Q (*nf*) U (Δx) W (Δz) F (*f*);

2. 说明

(HNC-818A 数控系统) 该指令在切削工件时的刀具轨迹为如图 1-5-7 所示的封闭回路, 刀具逐渐进给, 使封闭切削回路逐渐向零件最终形状靠近, 最终切削成工件的形状, 其精加工路径为 $A \rightarrow A' \rightarrow B' \rightarrow B$ 。这种指令能对铸造、锻造等粗加工中已初步成形的工件进行高效率切削。

Δi : X 轴方向的粗加工总余量。

Δk : Z 轴方向的粗加工总余量。

r: 粗切削次数。

ns: 精加工路径第一程序段 (图 1-5-7 中的 AA') 的顺序号。

nf: 精加工路径最后程序段 (图 1-5-7 中的 $B'B$) 的顺序号。



粗加工复合循环指令 G73 微课

Δx : X轴方向的精加工余量。

Δz : Z轴方向的精加工余量。

f, s, t : 粗加工时 G73 指令编程的 F、S、T 有效, 而精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效。

3. 注意点

Δi 和 Δk 表示粗加工时总的切削量, 粗加工次数为 r , 则每次 X、Z 轴方向的切削量为 $\Delta i/r, \Delta k/r$; 按 G73 程序段中的 P 和 Q 指令值实现循环加工, 要注意 Δx 和 Δz 、 Δi 和 Δk 的正负号。

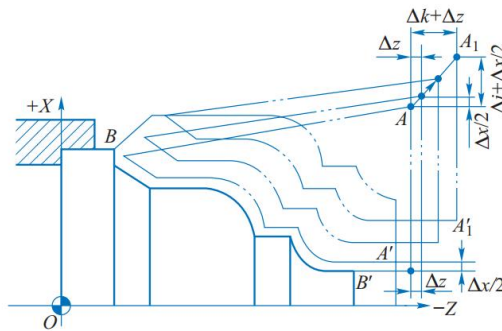


图 1-5-7 闭环车削复合循环

4. 复合循环指令注意事项

在复合循环指令 G71、G72、G73 中, P、Q 指定顺序号的程序段之间不应包含 M98 子程序调用及 M99 子程序结束指令。

FANUC 数控系统的精车全部采用 G70 指令, 其格式如下:

G70 P (ns) Q (nf) F (f);

思政小故事

三届世界技能大赛翻译陈晓曦

一生追逐, 成就梦想。陈晓曦从一位技校生奋斗到了大学教授, 以前 26 个英文字母认不全, 现在却成为了三届世界技能大赛的翻译, 助力祖国在世界技能大赛的最高舞台上, 获得了多项冠军!

 证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据数控车床编程手册，完成螺纹轴加工程序的编写	
2	能正确选择加工刀具	
3	能根据机械加工工艺文件要求，运用机械加工精度控制方法，具有质量意识，完成螺纹轴零件的数控加工	

 任务目标

知识目标

1. 了解退刀槽加工的工艺特点与相关知识；
2. 掌握螺纹加工的工艺特点与相关知识；
3. 理解退刀槽加工常用编程指令；
4. 掌握螺纹加工常用编程指令。

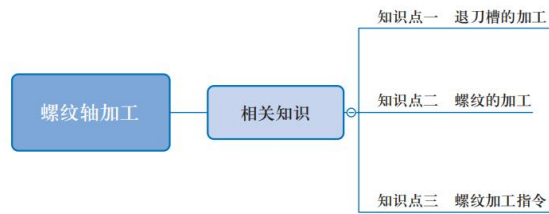
能力目标

1. 能选择适当的指令编制退刀槽加工程序；
2. 能进行常见螺纹加工程序的编制。

素质目标

1. 具有正确的世界观、人生观、价值观，具有社会责任感和参与意识；
2. 诚实守信、爱岗敬业，具有精益求精的工匠精神；
3. 具有较强的集体意识和团队合作精神，能够进行有效的人际沟通和协作。

学习导图



任务分析

任务书

编制如图 1-6-2 所示螺纹轴（包括退刀槽、螺纹加工）零件的加工程序（毛坯尺寸为 $\phi 30 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ ）。

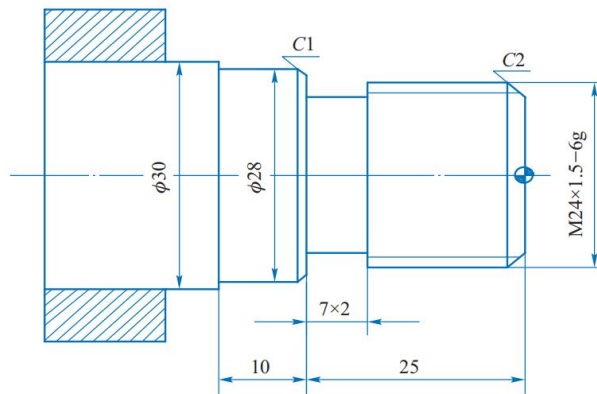


图 1-6-2 螺纹轴 2D 图 (3)

获取信息

引导问题 1: 在零件图中, 根据螺纹的标注, 计算出螺纹的主参数。

▲ 引导问题 2: 根据退刀槽的标注, 计算出槽底的直径, 并填写表 1-6-1。

表 1-6-1 螺纹轴数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5	表面质量要求		

工作计划

▲ 引导问题 3: 根据加工零件, 选择合适的机床设备和刀、量、夹具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 1-6-2。

表 1-6-2 螺纹轴的数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			
4			

小提示



螺纹轴加工方案

▲ 引导问题 4: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 5: 螺纹加工的循环点定在哪里? 每一刀的加工量是多少? 退刀槽的进刀点、退刀点选在什么位置?

▲ 引导问题 6: 加工螺纹和槽时, 对转速及进给量各有什么要求? 为什么?

▲ 引导问题 7: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 1-6-3)。

表 1-6-3 螺纹轴数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					

▲ 引导问题 8: 编写程序, 填写表 1-6-4。

表 1-6-4 螺纹轴数控加工程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

续表

程序段号	程序	程序段号	程序

▲ 引导问题 9：模拟加工。模拟加工时如何进行毛坯大小与位置、刀具参数的设置？

(1) 毛坯大小与位置：_____

(2) 刀具参数：_____

(3) 记录模拟加工过程中不符合要求的地方，分析原因，写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方：_____

原因：_____

预防措施：_____

加工实施



G82 程序模拟

▲ 引导问题 10：叙述开机步骤和对刀方法，并在机床上练习。

▲ 引导问题 11：粗加工后精车时如何保证尺寸？如何改刀补来保证尺寸？华中

HNC-818A 数控系统如何改刀补?

FANUC 系统如何改刀补?

质量检测

按表 1-6-5 对零件进行检测，并将结果填入。

表 1-6-5 螺纹轴的数控加工自检表

零件名称	螺纹轴			允许读数误差				± 0.007 mm	老师评价	
	序号	项目	尺寸要求	使用的 量具	测量结果					项目 判定
					No.1	No.2	No.3	平均值		
1	外径							合 否	合 否	
2	外径							合 否	合 否	
3	长度							合 否	合 否	
4	槽底 直径							合 否	合 否	
5	螺纹							合 否	合 否	
结论 (对上述测量尺寸进行评价)			合格品		次品		废品			
处理意见										

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 1-6-6。

表 1-6-6 螺纹轴的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：			年 月 日	



槽及螺纹加工中常见问题的现象和产生原因分析

综合评价

螺纹轴的数控加工综合评价表见表 1-6-7。

表 1-6-7 螺纹轴的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10 分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5 分			
	刀具与工艺	10 分			
	编写程序	10 分			
	机床操作	15 分			
	零件合格与否	20 分			
3. 团队合作精神和参与度		10 分			

续表

评价内容	配分	自我评价	小组评价	教师评价
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）	10 分			
5. 任务反思	10 分			
总分	100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）	结论：			
组长签字： 年 月 日	教师签字： 年 月 日			
备注：				

相关知识

知识点一 退刀槽的加工

华中数控系统切槽采用的指令与 G01 和 G00 用法一致，先分析出进刀点和退刀点，然后按加工的走刀路线编程即可。

加工退刀槽，首先要根据标注计算出槽宽和槽底直径尺寸。其次，根据加工特点，安排走刀路线：快速接近加工槽的进刀点，加工结束后要先退出工件，再返回换刀点，不能加工完直接返回换刀点。

讨论：带有等距、等深沟槽的零件如何进行编程加工？



带有等距、等深沟槽的零件加工程序



M98、M99 调用子程序编程与加工微课

知识点二 螺纹的加工

HNC-1T 车床数控系统具有螺纹插补功能，可以完成米制、英制各种圆柱、圆锥螺纹，各种管螺纹、多线螺纹以及其他等螺距螺纹的加工控制。若车削螺纹，数控车床主轴上必须安装有脉冲编码器测定主轴实际转速，从而实现主轴转一周，刀具进给一个螺距的同步运动。从螺纹粗车到精车，主轴的转速必须保持不变。螺纹车削指令为 G32、G76、G82。

一、螺纹的分类

螺纹是零件上最常见的结构，有左旋螺纹和右旋螺纹之分。在圆柱外表面上形成的螺纹叫作外螺纹，在圆柱内表面上形成的螺纹叫作内螺纹，如图 1-6-3 所示为内、外螺纹的车削加工。

二、在数控车床上加工螺纹的工作原理

在数控车床上加工螺纹时，因其传动链的改变，原则上只要能保证主轴每转一周，刀具沿主轴（多为 Z 轴）进给方向位移一个螺距就可以，即必须保证主轴的旋转与坐标轴进给的同步。

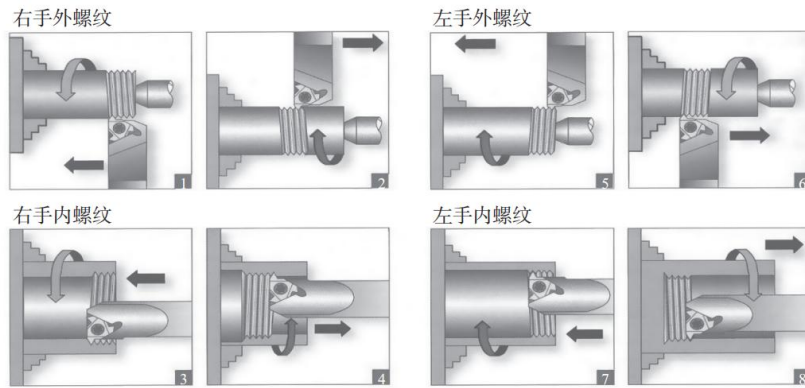


图 1-6-3 内、外螺纹的车削加工

三、数控车床可加工螺纹的形式

数控车床可以加工圆柱螺纹、圆锥螺纹、端面螺纹和变螺距螺纹，如图 1-6-4 所示。

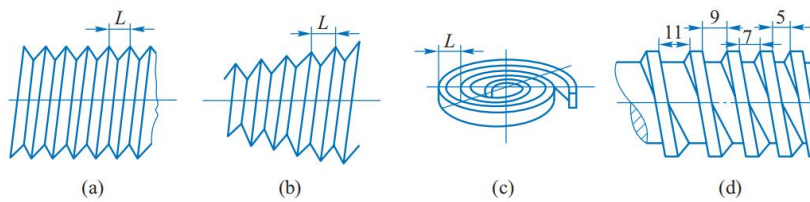


图 1-6-4 螺纹形式

(a) 圆柱螺纹；(b) 圆锥螺纹；(c) 端面螺纹；(d) 变螺距螺纹

四、螺纹的切削方法

由于螺纹加工属于成形加工，为了保证螺纹的导程，在加工时主轴旋转一周，车刀的进给量必须等于螺纹的导程，并且进给量较大。螺纹车刀的强度一般较差，故螺纹牙型往往不是一次加工而成的，需要进行多次切削，如欲提高螺纹的表面质量，可增加几次光整加工。

在数控车床上加工螺纹的方法有直进法、斜进法两种，如图 1-6-5 所示。直进法适合加工导程较小的螺纹，斜进法适合加工导程较大的螺纹。常用螺纹加工的切削次数与吃刀量见表 1-6-8。

表 1-6-8 常用螺纹加工的切削次数与吃刀量

单位: mm

		米制(公制)螺纹						
螺距		1.0	1.5	2	2.5	3	3.5	4
牙深(半径量)		0.649	0.974	1.229	1.624	1.949	2.273	2.598
切削次数 及吃刀量 (直径量)	1次	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	1.5
	2次	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
	3次	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	4次		0.16	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6
	5次			0.1	0.4	0.4	0.4	0.4
	6次				0.15	0.4	0.4	0.4
	7次					0.2	0.2	0.4
	8次						0.15	0.3
	9次							0.2

1. 直进法

刀尖及左、右两侧刃都参与切削工作,每次进刀仅由 X 轴进给。直进法适用于高速钢螺纹车刀低速车削螺距小于1.5 mm及脆性材料的螺纹,也可用于硬质合金螺纹车刀高速车削螺距大于2 mm的螺纹。

2. 斜进法

斜进法适用于高速钢螺纹车刀低速车削大螺距和塑性材料的普通螺纹。斜进法车削螺纹时,一般在牙型两侧面取0.2~0.3 mm的精车余量。

进刀、退刀段车削螺纹时应设置足够的升速进刀段和降速退刀段,以消除车床伺服系统本身滞后特性造成的螺距不规则现象。所以,编程时的螺纹长度应包括螺纹有效长度 L 、进刀空行程段 δ_1 和退刀空行程段 δ_2 , δ_1 和 δ_2 的取值与螺距、螺纹精度和主轴转速有关,一般 δ_1 取螺距的3~5倍,并至少大于2 mm, δ_2 取 $0.5\delta_1$ 。

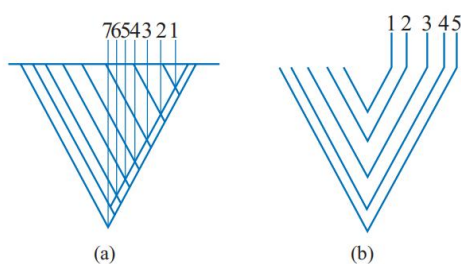


图 1-6-5 螺纹进刀方法

(a) 斜进法; (b) 直进法

五、车螺纹前直径尺寸的确定

普通螺纹各基本尺寸计算如下：螺纹大径 $d=D$ （螺纹大径的基本尺寸与公称直径相同），加工时则有 $d \approx D - 0.1P$ ；螺纹中径 $d_2=D_2=d - 0.6495P$ 。牙型高度 $h_1=0.5413P$ ；螺纹小径 $d_1 \approx D - 1.3P$ 。其中 P 为螺纹的螺距。

知识点三 螺纹加工指令

一、螺纹加工指令 G32

1. 格式与说明

(1) 格式：G32 X(U) __ Z(W) __ P __ F __；

(2) 说明。

X、Z：在进行绝对值编程时，有效螺纹终点在工件坐标系中的坐标。

U、W：在进行增量值编程时，有效螺纹终点相对于螺纹切削起点的位移量。

F：螺纹导程，即主轴每转一周，刀具相对于工件的进给值。

P：主轴基准脉冲处距离螺纹切削起点的主轴转角。

2. 注意点

(1) 从螺纹粗加工到精加工，主轴的转速必须保持为一个常数。

(2) 在没有停止主轴的情况下，停止螺纹的切削将非常危险，因此螺纹切削时进给保持功能无效。

(3) 在螺纹加工中不使用恒定线速度控制功能。

(4) 在螺纹加工轨迹中，应设置足够的升速进刀段 δ_1 和降速退刀段 δ_2 ，以消除伺服滞后造成的螺距误差。



螺纹循环加工
指令 G82 微课

二、螺纹循环加工指令 G82

1. 圆柱螺纹切削循环

(1) 格式。

(HNC-818A) G82 X(U) __ Z(W) __ C __ P __ F __；

(FANUC 0i) G92 X(U) __ Z(W) __ F __；

(2) 说明。

X、Z：在进行绝对值编程时，螺纹终点 C 在工件坐标系下的坐标。

C：螺纹头数，单头螺纹取 0 或 1，可省去不写。

P: 单头螺纹切削时, 为主轴基准脉冲处距离切削起点的主轴转角 (缺省值为 0);
多头螺纹切削时, 为相邻螺纹头的切削起点之间对应的主轴转角。

F: 螺纹导程。

该指令执行图 1-6-6 中 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow A$ 的轨迹动作。

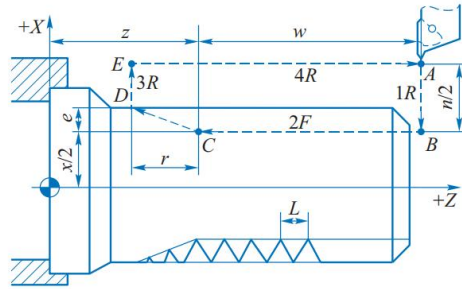


图 1-6-6 圆柱螺纹切削循环

(3) 注意点。螺纹切削循环同 G32 螺纹切削一样, 在进给保持状态下, 该循环在完成全部动作之后才停止运动。

2. 锥螺纹切削循环

(1) 格式。

(HNC-818A) G82 X (U) __ Z (W) __ I __ R __ E __ C __ P __ F __ ;

(FANUC 0i) G92 X (U) __ Z (W) __ R __ F __ ;

(2) 说明。

(HNC-818A) I: 螺纹起点 B 与螺纹终点 C 的半径差, 其符号为差的符号 (无论是绝对值编程还是增量值编程)。

其余参数的含义和圆柱螺纹切削循环参数的含义一样。

该指令执行图 1-6-7 中 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow A$ 的轨迹动作。

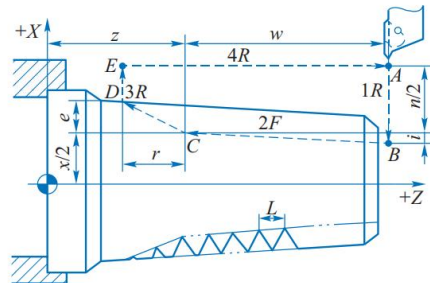


图 1-6-7 锥螺纹切削循环

三、螺纹复合循环加工指令 G76

1. 格式

(HNC-818A) G76 C (c) A (a) X (x) Z (z) I (i) K (k) U (d) V (Δd_{\min}) Q (Δd)

P (p) F (L);

(FANUC 0i) G76 P (m)(r)(a) Q (Δd_{\min}) R (r);
 G76 X (U) __ Z (W) __ R (i) P (k) Q (Δd) F (L);

2. 说明

(HNC-818A) 螺纹切削复合循环指令 G76 执行图 1-6-8 中的加工轨迹，其单边切削及参数如图 1-6-9 所示。下面为各参数的含义。

- c: 精整次数 (1 ~ 99)，为模态值。
- a: 刀尖角度，三角螺纹为 60° ，梯形螺纹为 30° 。
- x、z: 绝对值编程时，为有效螺纹终点 C 的坐标。
- i: 螺纹两端的半径差，当 $i=0$ 时，为直螺纹 (圆柱螺纹) 切削方式。
- k: 螺纹高度，该值由 X 轴方向上的半径值指定。
- Δd_{\min} : 最小背吃刀量 (半径值)。
- d: 精加工余量 (半径值)。
- Δd : 第一次背吃刀量 (半径值)。
- p: 主轴基准脉冲处距离切削起点的主轴转角。
- L: 螺纹导程。

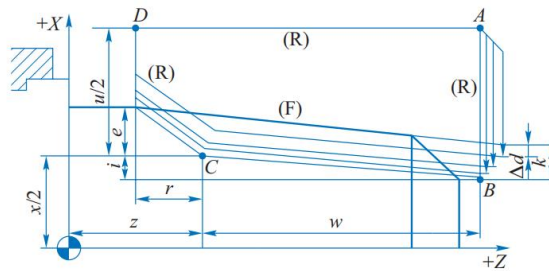


图 1-6-8 螺纹切削复合循环

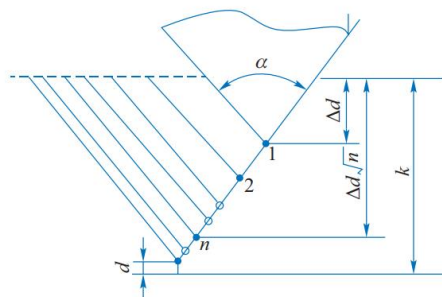


图 1-6-9 G76 指令循环单边切削及参数

思政小故事

“蛟龙号”上的“两丝”钳工——顾秋亮

“蛟龙号”是中国首个深海载人潜水器，有十几万个零部件，这些零部件组装起来最大的难度就是密封性，精密度要求达到了“丝”级。

“蛟龙号”上的“两丝”钳工——顾秋亮，四十多年来，用他做人的信念，埋头苦干、踏实钻研、挑战极限。这种信念，让他赢得潜航员托付生命的信任，也让他见证了中国从海洋大国向海洋强国的迈进！

 巩固知识

一、选择题

1. 数控车床在 () 指令下工作时，进给修调无效。
A. G03 B. G32 C. G96 D. G81
2. 螺纹固定循环指令是 ()。
A. G00 B. G32 C. G82 D. G76
3. 螺纹指令中 F 表示 ()。
A. 螺纹长度 B. 螺纹螺距
C. 螺纹导程 D. 每分钟进给量

问题小贴士：

二、判断题

1. 数控车床可以车削直线、斜线、圆弧、公制和英制螺纹、圆柱螺纹、圆锥螺纹，但是不能车削多头螺纹。 ()
2. 螺纹指令“G32 X41.0 W-43.0 F1.5”是以每分钟 1.5 mm 的速度加工螺纹的。 ()

三、读程序回答问题 (FANUC 0i 系统)

```
N10 G50 X100 Z100;
N20 S630 M03 T11;
```

问题小贴士:

_____ N30 G00 X34.0 Z0.0;
_____ N40 G01 X-1.0 F0.2; (该程序段表示刀具车削_____面)
_____ N50 G00 Z2.0;
_____ N60 X28.5;
_____ N70 G01 Z-60.0;
_____ N80 X32.0;
_____ N90 G00 Z1.0;
_____ N100 X24.5;
_____ N110 G01 Z-30.0; (该程序段表示刀具车削_____面)
_____ N120 X28.5;
_____ N130 G00 Z0.0;
_____ N140 X19.85;
_____ N150 G01 X23.85 Z-2.0 F0.1; (该程序段表示刀具车削_____)
_____ N160 W-28.0;
_____ N170 X28.0;
_____ N180 W-30.0;
_____ N190 X32.0;
_____ N200 G00 X100.0 Z100.0 T10;
_____ N210 T22;
_____ N220 G00 X30.0 Z-30.0;
_____ N230 G01 X18.0; (该程序段表示刀具车削_____)
_____ N240 G04 X1.0;
_____ N250 X30.0;
_____ N260 X100.0 Z100.0 T20;
_____ N270 T33 M00;
_____ N280 G00 X26.0 Z24.0;
_____ N290 G92 X23.0 Z-26.0 F1.5; (该程序段表示刀具车削_____)
_____ N300 X22.4;
_____ N310 X22.1;
_____ N320 X22.05;
_____ N330 G00 X100 Z100 T30;

N340 T22;
 N350 G00 X30.0 Z-65.0;
 N360 G01 X0.0 F0.1;
 N370 G00 X30.0;
 N380 X100 Z100 T20;
 N390 M05;
 N400 M30;

问题小贴士:

问题:

1. 加工该零件的方案为: _____
2. 加工该零件所使用的夹具是: _____
3. (1) 1号刀用于加工: _____
- (2) 2号刀用于加工: _____
- (3) 3号刀用于加工: _____
4. 螺纹加工分为几刀加工完毕: _____

四、编程选择题 (根据加工图形, 以下四个备选答案中其

中一个为正确答案, 请将其代号填入括号内。)

1. 根据图 1-6-10 所示加工图形及编程提示, 选择合适的答案填入括号内。

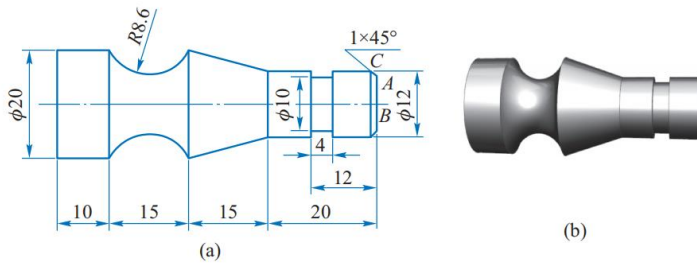


图 1-6-10 零件 1-6-1

N0001 G54; /* 零点偏置
 N0002 () S640; /* 主轴正转

问题小贴士:

- _____ A. M01 B. M03 C. M02 D. M04
 _____ N0003 M06 T01 (外圆车刀) (); /* 换车刀, 冷却液开
 _____ A. M99 B. M08 C. M10 D. M88
 _____ N0004 () X1 Z0.5; /* 快进至 A 点
 _____ A. G03 B. G02 C. G01 D. G00
 _____ N0005 () X0 Z0; F0.2; /* 工进至 B 点
 _____ A. G01 B. G00 C. G02 D. G03
 _____ N0006 U () W0; /* 工进至 C 点
 _____ A. 5 B. 12 C. 10 D. 6
 _____ N0007 U2 W-1; /* 倒角
 _____ N0008 W-19; /* 车外圆 ($\phi 12$)
 _____ N0009 U8 W-15; /* 车锥面
 _____ N0010 () U0 W-15 (); /* 车圆弧面
 _____ A. G00 B. G01 C. G03 D. G02
 _____ A. R-8.6 B. R8.6 C. D-17.2 D. D17.2
 _____ N0011 G01 W-10; /* 车外圆 ($\phi 20$)
 _____ N0012 G00 X35 Z20; /* 快退至换刀点
 _____ N0013 M06 T02 (割槽刀, 刀宽 4 mm); /* 换刀
 _____ N0014 G00 X14 Z-12; /* 快进
 _____ N0015 G01 U () W (); /* 割槽
 _____ A. 4 B. -4 C. 10 D. 5
 _____ A. 0 B. -12 C. -4 D. 12
 _____ N0016 G04 X4; /* 延时 4 s
 _____ N0017 G01 U4; /* 退刀
 _____ N0018 G00 X35 Z20 M09; /* 快退至换刀点
 _____ N0019 M05; /* 主轴停转
 _____ N0020 (); /* 程序结束并返回
 _____ A. M02 B. M99 C. M30 D. M03
2. 根据图 1-6-11 所示加工图形及编程提示, 选择合适的答案填入
 _____ 括号内。

问题小贴士:

- A. 0 B. -48 C. 48 D. -4
- N014 G04 P400; /* 延时
- N015 G00 U10.0 W0; /* 退刀
- N016 G00 X35.0 Z15.0; /* 快退至起刀点
- N017 M05; /* 主轴停止
- N018 (); /* 程序停止并返回
- A. M30 B. M98 C. M99 D. M02

3. 根据图 1-6-12 所示加工图形及编程提示, 选择合适的答案填入括号内。

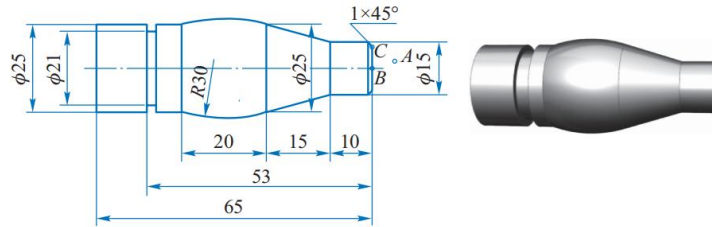


图 1-6-12 零件 1-6-3

- N0001 G54; /* 零点偏置
- N0002 () S640; /* 主轴正转
- A. M03 B. M02 C. M01 D. M04
- N0003 M06 T01 (外圆车刀)(); /* 换车刀, 冷却液开
- A. M99 B. M08 C. M10 D. M98
- N0004 () X1 Z0.5; /* 快进至 A 点
- A. G03 B. G01 C. G02 D. G00
- N0005 () X0 Z0 F0.2; /* 工进至 B 点
- A. G00 B. G01 C. G02 D. G03
- N0006 U () W0; /* 工进至 C 点
- A. 7.5 B. 13 C. 15 D. 6.5
- N0007 U2 W-1; /* 倒角
- N0008 W-9; /* 车外圆 ($\phi 15$)
- N0009 U10 W-15; /* 车锥面
- N0010 () U0 W-20 (); /* 车圆弧面

问题小贴士：

- | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|-------------------------|
| A. G00 | B. G01 | C. G03 | D. G02 | |
| A. R30 | B. R-30 | C. D-60 | D. D60 | |
| N0011 | G01 | W-20; | | /* 车外圆 ($\phi 25$) |
| N0012 | G00 | X35 | Z20; | /* 快退至换刀点 |
| N0013 | M06 | T02; | | /* 换刀 (割槽刀, 刀宽
2 mm) |
| N0014 | G00 | X26 | Z-53; | /* 快进 |
| N0015 | G01 | U () | W (); | /* 割槽 |
| A. 5 | B. -5 | C. 2.5 | D. -2.5 | |
| A. 53 | B. -53 | C. 0 | D. -2 | |
| N0016 | G04 | X4; | | /* 延时 4 s |
| N0017 | G01 | X26; | | /* 退刀 |
| N0018 | G00 | X35 | Z20 | M09; |
| N0019 | M05; | | | /* 主轴停转 |
| N0020 | () | | | /* 程序结束并返回 |
| A. M02 | B. M30 | C. M03 | D. M99 | |

4. 根据图 1-6-13 所示加工图形及编程提示, 选择合适的答案填入括号内。

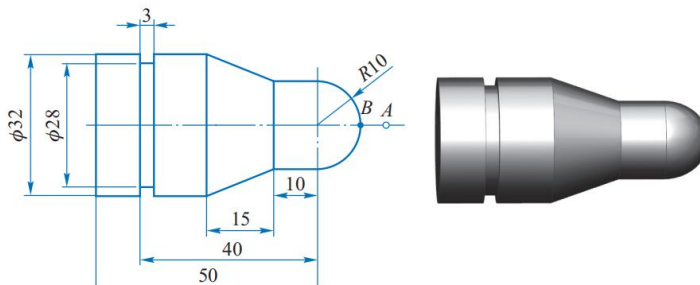


图 1-6-13 零件 1-6-4

- | | | | | |
|--------|--------|------------|--------|--------------|
| N0001 | G54; | | | /* 零点偏置 |
| N0002 | () | S640; | | /* 主轴正转 |
| A. M03 | B. M02 | C. M01 | D. M04 | |
| N0003 | M06 | T01 (外圆车刀) | (); | /* 换车刀, 冷却液开 |

问题小贴士:

- | | | |
|-------|-----------------------------|-------------------------|
| _____ | A. M99 | B. M98 |
| _____ | C. M10 | D. M08 |
| _____ | N0004 () X0 Z2; | /* 快进至 A 点 |
| _____ | A. G03 | B. G01 |
| _____ | C. G02 | D. G00 |
| _____ | N0005 () X0 Z0 F0.2; | /* 工进至 B 点 |
| _____ | A. G00 | B. G04 |
| _____ | C. G02 | D. G01 |
| _____ | N0006 () U20 W-10 R10; | /* 车圆弧面 |
| _____ | A. G00 | B. G01 |
| _____ | C. G02 | D. G03 |
| _____ | N0007 G01 X20 Z-20; | /* 车外圆 ($\phi 20$) |
| _____ | N0008 () U () W-15; | /* 车锥面 |
| _____ | A. G01 B. G04 C. G02 D. G03 | |
| _____ | A. 12 B. -32 C. 32 D. 6 | |
| _____ | N0010 Z-60; | /* 车外圆 ($\phi 32$) |
| _____ | N0012 G00 X35 Z20; | /* 快退至换刀点 |
| _____ | N0013 M06 T02; | /* 换刀 (割槽刀, 刀宽
3 mm) |
| _____ | N0014 G00 X36 Z-50; | /* 快进 |
| _____ | N0015 G01 U () W (); | /* 割槽 |
| _____ | A. -4 B. 4 C. -8 D. 8 | |
| _____ | A. 50 B. 0 C. -2 D. -50 | |
| _____ | N0016 G04 X4; | /* 延时 4 s |
| _____ | N0017 G01 U4; | /* 退刀 |
| _____ | N0018 G00 X35 Z20 M09; | /* 快退至换刀点 |
| _____ | N0019 M05; | /* 主轴停转 |
| _____ | N0020 (); | 程序结束并返回 |
| _____ | A. M02 B. M99 C. M30 D. M03 | |

5. 根据图 1-6-14 所示加工图形及编程提示, 选择合适的答案填入括号内。

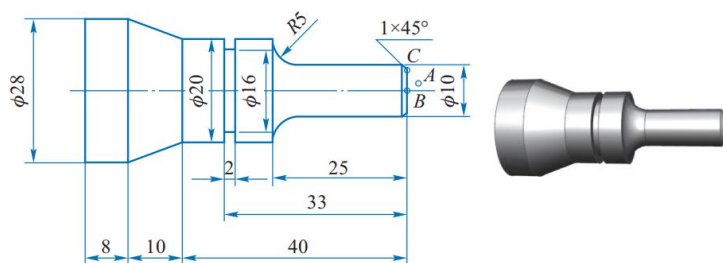


图 1-6-14 零件 1-6-5

问题小贴士：

- N0001 G54; /* 零点偏置
- N0002 () S640; /* 主轴正转
- A. M01 B. M03 C. M02 D. M04
- N0003 M06 T01 (外圆车刀) (); /* 换车刀, 冷却液开
- A. M99 B. M08 C. M10 D. M98
- N0004 () X1 Z0.5; /* 快进至 A 点
- A. G02 B. G01 C. G00 D. G03
- N0005 () X0 Z0 F0.2; /* 工进至 B 点
- A. G00 B. G01 C. G02 D. G03
- N0006 U () W0; /* 工进至 C 点
- A. 5 B. 10 C. 4 D. 8
- N0007 U2 W-1; /* 倒角
- N0008 W-19; /* 车外圆 ($\phi 10$)
- N0010 () X20 W-5 R5; /* 车圆弧面
- A. G00 B. G01 C. G02 D. G03
- N0011 G01 W-15; /* 车外圆 ($\phi 20$)
- G01 U () W-10; /* 车锥面
- A. -8 B. 8 C. 4 D. -4
- G01 X28 W-8; /* 车外圆 ($\phi 28$)
- N0012 G00 X35 Z20; /* 快退至换刀点
- N0013 M06 T02 (割槽刀, 刀宽 2 mm); /* 换刀
- N0014 G00 X22 Z-33; /* 快进

问题小贴士:

N0015 G01 U () W (); /* 割槽

A. 6 B. -6 C. 3 D. -3

A. 33 B. -33 C. -2 D. 0

N0016 G04 X4; /* 延时 4 s

N0017 G01 X22; /* 退刀

N0018 G00 X35 Z20 M09; /* 快退至换刀点

N0020 (); /* 程序结束并返回

A. M30 B. M99 C. M03 D. M02

6. 根据图 1-6-15 所示加工图形及编程提示, 选择合适的答案填入括号内。

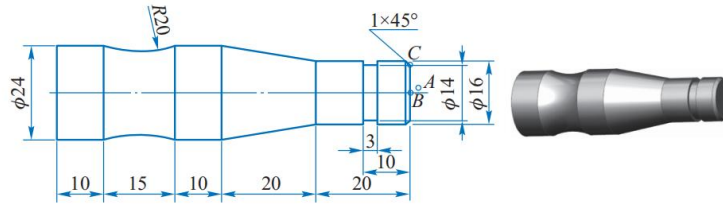


图 1-6-15 零件 1-6-6

N0001 G54; /* 零点偏置

N0002 () S640; /* 主轴正转

A. M01 B. M02 C. M03 D. M04

N0003 M06 T01 (外圆车刀)(); /* 换车刀, 冷却液开

A. M99 B. M98 C. M08 D. M11

N0004 () X1 Z0.5; /* 快进至 A 点

A. G01 B. G00 C. G02 D. G03

N0005 () X0 Z0 F0.2; /* 工进至 B 点

A. G00 B. G01 C. G02 D. G03

N0006 U () W0; /* 工进至 C 点

A. 16 B. 14 C. 8 D. 7.5

N0007 U2 W-1; /* 倒角

N0008 W-19; /* 车外圆 ($\phi 16$)

N0009 U8 W-20; /* 车锥面

问题小贴士:

- W-10; /* 车外圆 ($\phi 24$)
- N0010 () U0 W-15 (); /* 车圆弧面
- A. G00 B. G02 C. G01 D. G03
- A. R20 B. R-20 C. D-40 D. D40
- N0011 G01 W-10; /* 车外圆 ($\phi 24$)
- N0012 G00 X35 Z20; /* 快退至换刀点
- N0013 M06 T02; (割槽刀, 刀宽 3 mm) /* 换刀
- N0014 G00 X18 Z-10; /* 快进
- N0015 G01 U () W (); /* 割槽
- A. 4 B. -4 C. 2 D. -2
- A. 10 B. -10 C. -3 D. 0
- N0016 G04 X4; /* 延时 4 s
- N0017 G01 U4; /* 退刀
- N0018 G00 X35 Z20 M09; /* 快退至换刀点
- N0020 (); /* 程序结束并返回
- A. M02 B. M99 C. M03 D. M30

7. 根据图 1-6-16 所示加工图形及编程提示, 选择合适的答案填入括号内。

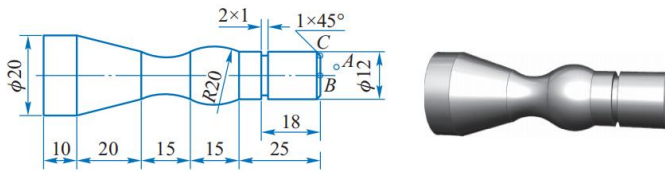


图 1-6-16 零件 1-6-7

- N0001 G54; /* 零点偏置
- N0002 () S640; /* 主轴正转
- A. M03 B. M02 C. M01 D. M04
- N0003 M06 T01 (外圆车刀)(); /* 换车刀, 冷却液开
- A. M99 B. M98 C. M10 D. M08
- N0004 () X1 Z0.5; /* 快进至 A 点

问题小贴士:

- | | | | | |
|-------|---------------------------------|----------------------|--------|--------|
| _____ | A. G02 | B. G01 | C. G00 | D. G03 |
| _____ | N0005 () X0 Z0 F0.2; | /* 工进至 B 点 | | |
| _____ | A. G00 | B. G01 | C. G02 | D. G03 |
| _____ | N0006 U () W0; | /* 工进至 C 点 | | |
| _____ | A. 5 | B. 12 | C. 10 | D. 6 |
| _____ | N0007 U2 W-1; | /* 倒角 | | |
| _____ | N0008 W-24; | /* 车外圆 ($\phi 12$) | | |
| _____ | N0009 () U0 W-15 R20; | /* 车圆弧面 | | |
| _____ | A. G00 | B. G01 | C. G03 | D. G02 |
| _____ | N0010 () U0 W-15 R30; | /* 车圆弧面 | | |
| _____ | A. G00 | B. G01 | C. G03 | D. G02 |
| _____ | () U8 W-20; | /* 车锥面 | | |
| _____ | A. G00 | B. G01 | C. G02 | D. G03 |
| _____ | N0011 G01 W-10; | /* 车外圆 ($\phi 20$) | | |
| _____ | N0012 G00 X35 Z20; | /* 快退至换刀点 | | |
| _____ | N0013 M06 T02; (割槽刀, 刀宽 2 mm)换刀 | | | |
| _____ | N0014 G00 X14 Z-18; | /* 快进 | | |
| _____ | N0015 G01 U () W0; | /* 割槽 | | |
| _____ | A. 4 | B. -4 | C. 2 | D. -2 |
| _____ | N0016 G04 X4; | /* 延时 4 s | | |
| _____ | N0017 G01 U4; | /* 退刀 | | |
| _____ | N0018 G00 X35 Z20 M09; | /* 快退至换刀点 | | |
| _____ | N0020 (); | /* 程序结束并返回 | | |
| _____ | A. M02 | B. M99 | C. M03 | D. M30 |

五、编程题

1. 编制如图 1-6-17 所示零件的加工程序。毛坯尺寸: $\phi 30 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 。

坐标为 (6, 5), 切削深度为 1.5 mm (半径量), 退刀量为 1 mm, X 轴方向精加工余量为 0.4 mm, Z 轴方向精加工余量为 0.1 mm。

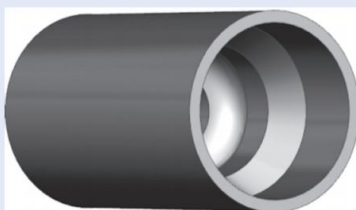


图 1-7-1 套筒 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书(初级/中级)		
序号	证书技能要求	备注
1	识读套筒零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据数控车床编程手册,完成套筒加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具和量具及夹具	
4	学会使用内孔车刀车削套筒	

任务目标

知识目标

1. 了解套筒加工刀具;
2. 掌握套筒加工方法的确定。

能力目标

1. 能正确编制套筒加工的加工工艺;
2. 能根据要求合理选择加工刀具;
3. 会用各种套筒加工的编程方法。

素质目标

1. 培养团队协作、团队互助等意识；
2. 具有感恩心、责任心、敬畏心、吃苦耐劳的精神；
3. 培养严谨的科学精神和精益求精的工作态度。

学习导图



任务分析

任务书

认真分析图 1-7-2 中的套筒工艺，依据尺寸精度和几何公差要求，加工出符合图纸要求的零件。

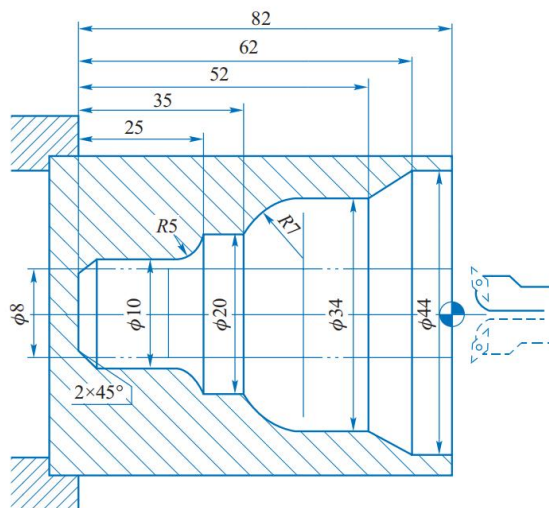


图 1-7-2 套筒 2D 图

获取信息

▲ 引导问题 1：加工本任务零件应选择什么夹具？如何装夹？

▲ 引导问题 2：分析该零件加工的难点与加工要求。

▲ 引导问题 3：分析零件图中主要的加工尺寸、几何公差要求及表面质量要求，并填写表 1-7-1。

表 1-7-1 套筒数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5	表面质量要求		

工作计划

▲ 引导问题 4：根据加工零件，选择合适的机床设备和刀、量、夹具，并说明选择原因。根据选择完成表 1-7-2。

表 1-7-2 套筒的数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	型号	规格	数量
1				
2				

续表

序号	名称	型号	规格	数量
3				
4				
5				
6				

引导问题 5: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

引导问题 6: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 1-7-3)。

表 1-7-3 套筒数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					

引导问题 7: 编写程序, 填写表 1-7-4。

表 1-7-4 套筒数控加工程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

引导问题 8: 模拟加工。模拟加工时如何进行毛坯大小与位置、刀具参数的设置?

- (1) 毛坯大小与位置: _____。
- (2) 刀具参数: _____。

(3) 记录模拟加工过程中不符合要求的地方, 分析原因, 写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方: _____

原因: _____

预防措施: _____

加工实施

▲ 引导问题 9: 加工过程中需注意哪些事项?

小提示



套筒加工方案

质量检测

按表 1-7-5 对零件进行检测, 并将结果填入。

表 1-7-5 套筒的数控加工自检表

零件名称	套筒			允许读数误差				项目判定	老师评价	
	序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果					
					No.1	No.2	No.3			平均值
1								合 否	合 否	
2								合 否	合 否	
3								合 否	合 否	
4								合 否	合 否	
5								合 否	合 否	
结论 (对上述测量尺寸进行评价)			合格品 次品 废品							
处理意见										

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 1-7-6。

表 1-7-6 套筒的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字:			年 月 日	

综合评价

套筒的数控加工综合评价表见表 1-7-7。

表 1-7-7 套筒的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5分			
	刀具与工艺	10分			
	编写程序	10分			
	机床操作	15分			
	零件合格与否	20分			
3. 团队合作精神和参与度		10分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10分			
5. 任务反思		10分			
总分		100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论:			
组长签字:		年 月 日	教师签字:		年 月 日
备注:					

相关知识

知识点一 孔加工刀具

孔加工刀具按其用途可分为两大类：一类是钻头，它主要用于在实心材料上钻孔（有时也用于扩孔）。根据构造及用途不同，钻头又可分为麻花钻、扁钻、中心钻及深孔钻等。另一类是对已有孔进行再加工的刀具，如扩孔钻、铰钻、镗刀及铰刀等。

一、麻花钻

麻花钻是一种形状复杂的孔加工刀具，它的应用较为广泛，常用来钻削精度低和表面粗糙度要求不高的孔。用高速钢钻头加工的孔精度为 IT11 ~ IT13，表面粗糙度为 $Ra6.3 \sim 25 \mu\text{m}$ ；用硬质合金钻头加工的孔精度为 IT10 ~ IT11，表面粗糙度为 $Ra3.2 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 。

二、中心钻

中心钻用于加工中心孔，其有 3 种形式：弧形中心钻、无保护锥 60° 复合中心钻和带保护锥 60° 复合中心钻。为节约刀具材料，复合中心钻常制成双端的，钻沟一般制成直的。复合中心钻的工作部分由钻孔部分和铰孔部分组成，钻孔部分与麻花钻相同，有倒锥度及钻尖几何参数；铰孔部分制成 60° 锥度。带保护锥 60° 复合中心钻的保护锥制成 120° 锥度。

三、深孔钻

一般深径比（孔深与孔径比）在 5 ~ 10 范围内的孔为深孔，加工深孔可用深孔钻。深孔钻的结构有多种，常用的主要有外排屑深孔钻、内排屑深孔钻和喷吸钻等。

四、扩孔钻

扩孔钻用于将现有孔扩大，一般加工精度为 IT10 ~ IT11，表面粗糙度为 $Ra3.2 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 。扩孔钻通常作为孔的半精加工刀具。

扩孔钻的类型主要有两种，即整体锥柄扩孔钻和套式扩孔钻。

五、铰钻

铰钻用于加工各种沉头螺钉、沉头座、锥孔和凸台面等。

六、镗刀

镗刀用来扩孔及用于孔的粗、精加工。镗刀能修正钻孔、扩孔等工序所造成的孔轴线歪曲、偏斜等缺陷，故特别适用于要求孔距很准确的孔系加工。镗刀可加工不同直径的孔。

根据结构特点及使用方式，镗刀可分为单刃镗刀、多刃镗刀和浮动镗刀等。图 1-7-3 所示是几种单刃镗刀。为了保证镗孔时的加工质量，镗刀应满足下列要求：

- (1) 镗刀和镗刀杆要有足够的刚度。
- (2) 镗刀在镗刀杆上既要夹持牢固，又要装卸方便、便于调整。
- (3) 要有可靠的断屑和排屑措施。

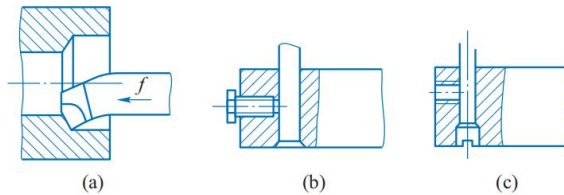


图 1-7-3 几种单刃镗刀

七、铰刀

铰刀用于中小型孔的半精加工和精加工，也常用于磨孔或研孔的预加工。铰刀的齿数多、导向性好、刚性好、加工余量小、工作平稳，一般加工精度为 IT6 ~ IT8，表面粗糙度为 $Ra0.4 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 。

知识点二 孔加工要求

在数控车床中，孔的加工方法与孔的精度要求、孔径及孔的深度有很大的关系。一般来讲，在精度等级为 IT12、IT13 时，一次钻孔就可以实现。在精度等级为 IT11，孔径 $\leq 10 \text{ mm}$ 时，采用一次钻孔方式；当孔径为 $10 \sim 30 \text{ mm}$ 时，采用钻孔和扩孔方式；当孔径为 $30 \sim 80 \text{ mm}$ 时，采用钻孔、扩孔、扩孔刀或车刀镗孔方式。在精度等级为 IT10、IT9，孔径 $\leq 10 \text{ mm}$ 时，采用钻孔及铰孔方式；当孔径为 $10 \sim 30 \text{ mm}$ 时，采用钻孔、扩孔和铰孔方式；当孔径为 $30 \sim 80 \text{ mm}$ 时，采用钻孔、扩孔、铰孔，或者用扩孔刀镗孔方式。在精度等级为 IT8、IT7，孔径 $\leq 10 \text{ mm}$ 时，采用钻孔及一次或二次

铰孔方式；当孔径为 10 ~ 30 mm 时，采用钻孔、扩孔、一次或二次铰孔方式；当孔径为 30 ~ 80 mm 时，采用钻孔、扩钻（或者用扩孔刀镗孔）及一次或二次铰孔方式。

除此之外，孔的加工要求还与孔的位置精度有关。当孔的位置精度要求较高时，可以通过在车床上镗孔实现。在车床上镗孔时，合理安排孔的加工路线比较重要，安排不当就可能把坐标轴的反向间隙带入加工中，从而直接影响孔的位置精度。

知识点三 孔的加工编程指令

孔的加工编程指令与外圆循环加工指令一样，采用 G01\G80\G71 指令。

(1) 格式：G71 U (Δd) R (r) P (ns) Q (nf) X (Δx) Z (Δz) F (f) S (s) T (t)；

(2) 代码含义同外圆循环加工指令，不同之处为 Δx 取负值。

知识点四 内螺纹的加工

车削三角内螺纹时注意：因为受车刀切削时的挤压作用，内孔直径会缩小（车削塑性材料较明显），所以车削内螺纹前的孔径 ($D_{孔}$) 应比内螺纹小径 (D_1) 略大些，又由于内螺纹加工后的实际顶径允许大于 D_1 的基本尺寸，所以在实际生产中，普通螺纹在车内螺纹前的孔径尺寸，可以用下列近似公式计算。

车削塑性金属材料的内螺纹时： $D_{孔}=d-P$ ；

车削脆性金属材料的内螺纹时： $D_{孔}=d-1.05P$ 。

内螺纹的加工指令，与外螺纹的加工指令一样，只是从螺纹的小径车削到大径结束。

思政小故事

全国职业技能大赛冠军周新东

在中华人民共和国第一届职业技能大赛上，山东工程技师学院学生周新东凭借刻苦训练以及一丝不苟的钻研精神，在建筑金属构造项目中，克服重重困难，勇夺金牌，展现了追求卓越、精益求精的工匠精神。



全国职业技能大赛冠军周新东

 巩固知识

问题小贴士：

1. 零件图如图 1-7-4 所示，试编制加工程序。

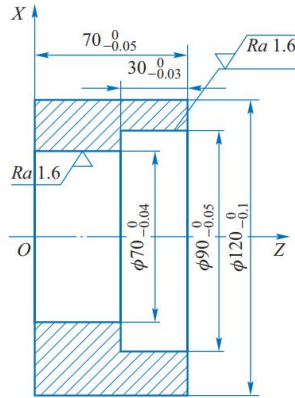


图 1-7-4 零件 1-7-1

2. 零件图如图 1-7-5 所示，要求以小批量生产条件编程，毛坯为 φ45 mm × 145 mm 的棒料，材料为 45 钢。

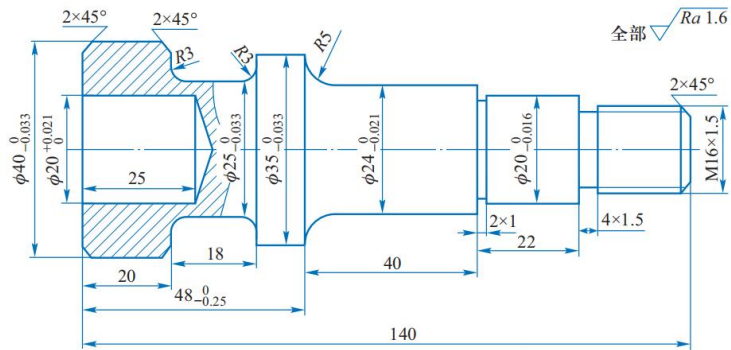


图 1-7-5 零件 1-7-2

任务八 配合件的综合加工

任务描述

如图 1-8-1 所示为配合件，零件材料为 45 钢，毛坯尺寸为 $\phi 45 \text{ mm} \times 63 \text{ mm}$ 和 $\phi 45 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$ 的棒料，试编制配合件加工程序。

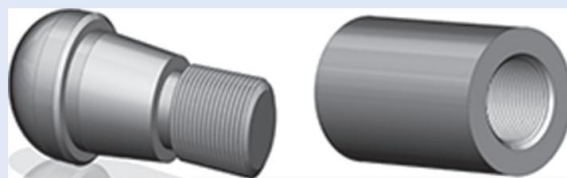


图 1-8-1 配合件 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级 / 中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及配合件零件图，正确识读配合件零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据数控车床编程手册，完成配合件加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具和量具及夹具	
4	学会使用三爪卡盘车削配合件零件	

任务目标

知识目标

1. 了解内、外锥度配合方法；
2. 掌握内、外螺纹精度配合件的加工方法；
3. 理解塞尺的使用方法。

能力目标

1. 会各种配合件的加工及控制配合精度，合理安排加工工艺，并能合理使用各种编程指令；
2. 能正确使用通用量具对零件进行检测；
3. 能分析产生误差的原因，并提出改进方案；
4. 初步具有加工质量控制意识。

素质目标

1. 培养学生的团队协作、团队互助等意识；
2. 培养学生具有绿色环保意识、安全意识、信息素养、创新精神；
3. 培养学生严谨的科学精神和精益求精的工作态度。

任务分析

任务书

认真分析图 1-8-2 中的配合件工艺，依据尺寸精度和几何公差要求，加工出符合图纸要求的零件。

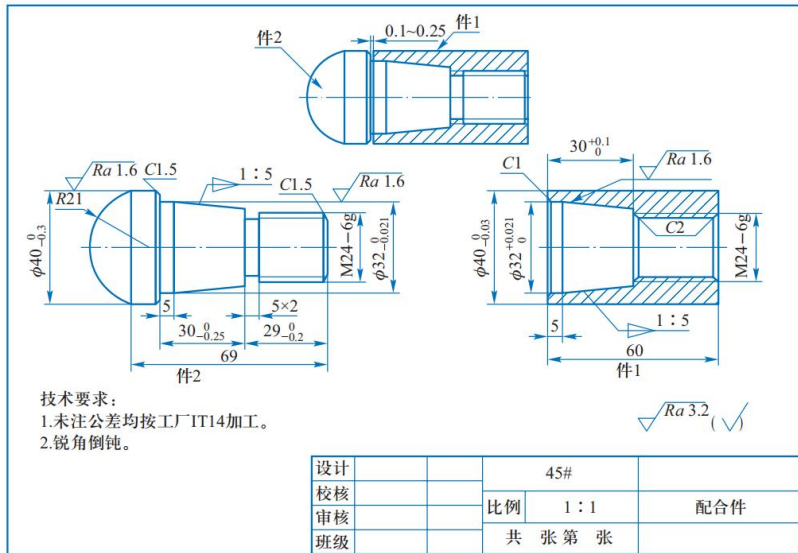


图 1-8-2 配合件 2D 图

获取信息

▲ 引导问题 1: 结合前面所学的内容知识, 分析加工本任务零件选择什么夹具。

▲ 引导问题 2: 分析该零件加工的难点、加工要求及解决方法。

▲ 引导问题 3: 分析主要加工尺寸、几何公差要求及表面质量要求, 并填写表 1-8-1。

表 1-8-1 配合件数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5	表面质量要求		

▲ 引导问题 4: 对于零件图中标注的公差, 在加工时要怎么做来保证? 配合件精度如何保证?

工作计划

▲ 引导问题 5: 根据加工零件图, 选择合适的机床设备和刀、量、夹具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 1-8-2。

表 1-8-2 配合件的数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	型号	规格	数量
1				
2				
3				
4				
5				
6				

▲ 引导问题 6: 讨论该零件的工艺, 合理制定零件加工的工艺路线, 确保加工出合格产品。

▲ 引导问题 7: 为保证零件尺寸精度, 采用什么样的配合件加工方法?

▲ 引导问题 8: 为了保证尺寸精度要求, 在粗、精加工时对尺寸精度各注意什么?

▲ 引导问题 9: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 1-8-3)。

表 1-8-3 配合件数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

 小提示



配合件加工方案



常用检具

质量检测

按表 1-8-5 对零件进行检测，并将结果填入。

表 1-8-5 配合件的数控加工自检表

零件名称	配合件			允许读数误差				项目判定	老师评价		
	序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果						
					No.1	No.2	No.3				平均值
1								合 否	合 否		
2								合 否	合 否		
3								合 否	合 否		
4								合 否	合 否		
结论（对上述测量尺寸进行评价）			合格品 次品 废品								
处理意见											

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 1-8-6。

表 1-8-6 配合件的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：			年 月 日	

综合评价

配合件的数控加工综合评价表见表 1-8-7。

表 1-8-7 配合件的数控加工综合评价表

评价内容		分数	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5分			
	刀具与工艺	10分			
	编写程序	10分			
	机床操作	15分			
	零件合格与否	20分			
3. 团队合作精神和参与度		10分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10分			
5. 任务反思		10分			
总分		100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字： 年 月 日		教师签字： 年 月 日			
备注：					

思政小故事

世界技能大赛冠军蒋应成

汽车喷漆的要求就是油漆的厚度、光泽度、纹理、颜色都有精确的数据标准，每层油漆上、下的厚度误差不超过0.01 mm，相当于头发丝的六分之一，这几乎达到手工技术的极限。世界技能大赛冠军蒋应成，代表着世界汽车喷漆的高水准。他用技能改变人生，用匠心成就未来，跨越不可能，闯出新世界！



世界技能大赛冠军蒋应成

任务九 椭圆螺纹轴加工

任务描述

编制如图 1-9-1 所示零件的加工程序。材料为 45 钢，棒料直径为 50 mm。



图 1-9-1 椭圆螺纹轴 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及椭圆螺纹轴零件图，正确识读椭圆螺纹轴零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据数控车床编程手册，完成椭圆螺纹轴加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具、量具及夹具	
4	学会使用三爪卡盘装夹工件，车削椭圆螺纹轴	

任务目标

知识目标

1. 了解变量的赋值关系，算术运算、逻辑运算、控制指令的编程方法；
2. 理解变量的应用。

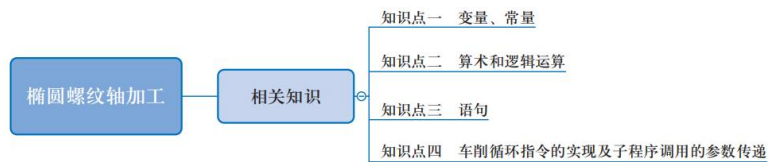
能力目标

1. 了解变量编程的基本概念、变量的类型及表示方法；
2. 掌握常用的算术与逻辑运算指令的功能、编程方法；
3. 能够利用变量进行宏程序的编制。

素质目标

1. 培养学生的团队协作、团队互助等意识；
2. 培养学生具有感恩心、责任心、敬畏心、吃苦耐劳的精神；
3. 培养学生严谨的科学精神和精益求精的工作态度。

学习导图



任务分析

任务书

认真分析图 1-9-2 中的椭圆螺纹轴工艺，依据尺寸精度和几何公差要求，加工出符合图纸要求的零件。

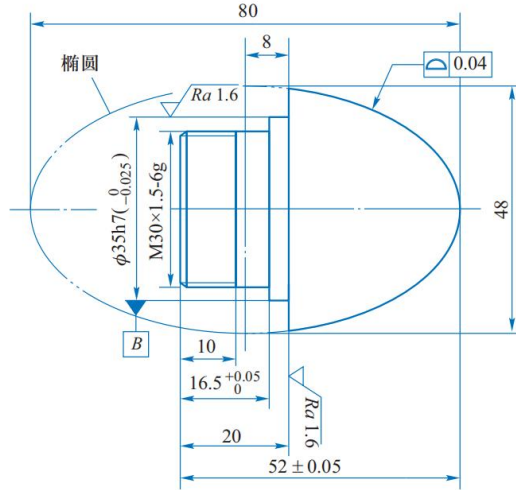


图 1-9-2 椭圆螺纹轴 2D 图

获取信息

引导问题 1: 加工本任务零件应选择什么夹具? 如何装夹?

引导问题 2: 分析该零件加工的难点与加工要求。

引导问题 3: 分析零件图中主要加工尺寸、几何公差要求及表面质量要求, 并填写表 1-9-1。

引导问题 4: 对于零件图中标注的公差, 加工时怎么保证? 椭圆精度如何保证?

表 1-9-1 椭圆螺纹轴数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5	表面质量要求		

工作计划

▲ 引导问题 5: 根据加工零件, 选择合适的机床设备和刀、量、夹具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 1-9-2。

表 1-9-2 椭圆螺纹轴的数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	型号	规格	数量
1				
2				
3				
4				
5				
6				

▲ 引导问题 6: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 7: 为保证零件位置精度, 应采用什么装夹方式?

▲ 引导问题 8: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 1-9-3)。

表 1-9-3 椭圆螺纹轴数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					

▲ 引导问题 9: 编写程序, 填写表 1-9-4。

表 1-9-4 椭圆螺纹轴数控加工程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

▲ 引导问题 10: 模拟加工。模拟加工时如何进行毛坯大小与位置、刀具参数的设置?

- (1) 毛坯大小与位置: _____
- (2) 刀具参数: _____

(3) 记录模拟加工过程中不符合要求的地方, 分析原因, 写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方: _____

原因: _____

预防措施: _____

加工实施

引导问题 11: 加工过程中需注意哪些事项?

小提示



椭圆螺纹轴加工方案

质量检测

按表 1-9-5 对零件进行检测, 并将结果填入。

表 1-9-5 椭圆螺纹轴的数控加工自检表

零件名称	椭圆螺纹轴			允许读数误差				项目判定	老师评价	
	序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果					
					No.1	No.2	No.3			平均值
1								合 否	合 否	
2								合 否	合 否	
3								合 否	合 否	
4								合 否	合 否	
5								合 否	合 否	
结论 (对上述测量尺寸进行评价)			合格品 次品 废品							
处理意见										

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 1-9-6。

表 1-9-6 椭圆螺纹轴的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

椭圆螺纹轴的数控加工综合评价表见表 1-9-7。

表 1-9-7 椭圆螺纹轴的数控加工综合评价表

评价内容		分数	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5分			
	刀具与工艺	10分			
	编写程序	10分			
	机床操作	15分			
	零件合格与否	20分			
3. 团队合作精神和参与度		10分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10分			
5. 任务反思		10分			
总分		100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字： 年 月 日		教师签字： 年 月 日			
备注：					

相关知识

在数控加工程序中，宏程序是指用变量编制的 NC 程序。一般情况下，当工件的轮廓曲线为椭圆、双曲线、抛物线等具有一定规律的曲线时，可以利用变量编程法进行程序的编制。对于相同的加工操作内容，程序编制非常有用，由于用户宏程序允许使用变量算术运算和逻辑运算及条件转移，使得编制相同加工操作的程序更方便、更容易，可将相同的加工操作编为通用程序。在使用时，用户宏程序可用一条简单指令调出，和调用子程序完全一样。

宏程序既可以在主程序中使用，如图 1-9-3 所示，也可以当作子程序来调用，如图 1-9-4 所示。

```

放在主程序中
...
N20 #2=30
N30 #3=40
N40 G01 X#2 Z#3 F100
...

```

图 1-9-3 在主程序中应用宏程序

<pre> 主程序 %0001 ... M98 P0003 ... M30 </pre>	<pre> 宏程序 %0003 ... #3=#4+#2 #5=SQRT[#3] ... M99 </pre>
--	---

图 1-9-4 在子程序中应用宏程序

知识点一 变量、常量

普通加工程序直接用数值指定 G 代码和移动距离，如 G01 和 X100。使用用户宏程序时，数值可以直接指定或用变量指定。当用变量指定时，变量值可用程序或用 MDI 面板上的操作改变。

一、变量的表示

变量用变量符号 (#) 和后面的变量号指定。表达式可以用来指定变量号。此时，表达式必须封闭在括号中。例如：#1，#[#1+#2-12]。

二、宏程序中变量的类型

宏程序中的变量有以下几种类型（见表 1-9-8）。

表 1-9-8 变量的类型

变量号	变量类型	说明
#50 ~ #199	全局变量	
#0 ~ #49	当前局部变量	局部变量是只能在一个用户宏程序中用来表示运算结果等的变量，当机床断电后，局部变量的值被清除；当宏程序被调用时，可对局部变量赋值
#200 ~ #249	0 层局部变量	
#250 ~ #299	1 层局部变量	
#300 ~ #349	2 层局部变量	
#350 ~ #399	3 层局部变量	
#400 ~ #449	4 层局部变量	
#450 ~ #499	5 层局部变量	
#500 ~ #549	6 层局部变量	
#550 ~ #599	7 层局部变量	
#600 ~ #699	刀具长度寄存器 H0 ~ H99	用于读写 CNC 系统的各种数据，如刀具当前的位置、补偿值等
#700 ~ #799	刀具半径寄存器 D0 ~ D99	
#800 ~ #899	刀具寿命寄存器	

1. 全局变量

全局变量是在主程序和主程序调用的各用户宏程序内都有效的变量，也就是说，在一个宏程序中的 #i 与在另一个宏程序中的 #i 是相同的。

2. 局部变量

局部变量仅在主程序和当前用户宏程序内有效，也就是说，在一个宏程序中的 #i 与在另一个宏程序中的 #i 不一定是相同的。

3. 系统变量

系统变量是指有固定用途的变量，它的值决定系统的状态。系统变量包括刀具偏置变量、接口的输入 / 输出信号变量、位置信号变量等。

三、常量

- (1) PI: 圆周率 π 。
- (2) TRUE: 条件成立 (真)。
- (3) FALSE: 条件不成立 (假)。

知识点二 算术和逻辑运算

在利用变量进行编程时，变量之间可以进行算术运算和逻辑运算。

1. 算术运算

算术运算以 HNC 数控系统为例，其功能和格式如表 1-9-9 所示。

表 1-9-9 算术运算的功能和格式

功能	格式	备注
加法	#i=#j+#k	
减法	#i=#j-#k	
乘法	#i=#j*#k	
除法	#i=#j/#k	
正弦	#i=SIN[#j]	必须是弧度
余弦	#i=COS[#j]	
正切	#i=TAN[#j]	
反正切	#i=ATAN[#j]	
绝对值	#i=ABS[#j]	
整数	#i=INT[#j]	
平方根	#i=SQRT[#j]	
指数	#i=EXP[#j]	
与	#i=#j AND #k	逻辑运算对二进制数逐位进行
或	#i=#j OR #k	
异或	#i=#j NOT #k	

2. 逻辑运算

逻辑运算以 HNC 数控系统为例，其运算符及含义如表 1-9-10 所示。

表 1-9-10 逻辑运算的运算符及含义

运算符	含义
EQ	等于 (=)
NE	不等于 (≠)
GT	大于 (>)
GE	大于或等于 (≥)
LT	小于 (<)
LE	小于或等于 (≤)

注：运算的优先顺序为函数→乘法、逻辑与→加减、逻辑或、逻辑异或，可以用 [] 来改变顺序。

知识点三 语句

一、赋值语句

(1) 格式：宏变量 = 常数或表达式。

(2) 把常数或表达式的值送给一个宏变量称为赋值。例如：

① #2=175/SQRT[2]*COS[55*PI/180];

② #3=124。

二、条件判别语句 (IF, ELSE, ENDIF)

(1) 格式 1:

IF 条件表达式

条件成立 (真)

EISE

条件不成立 (假)

ENDIF

(2) 格式 2:

IF 条件表达式

条件成立 (真)

ENDIF

三、循环语句 (WHILE, ENDW)

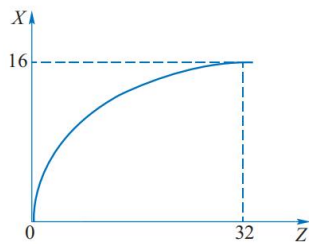


图 1-9-5 宏程序编制例图

1. 格式

WHILE 条件表达式

条件成立 (真)

ENDW

2. 举例

用宏程序编制如图 1-9-5 所示抛物线 $Z=X^2/8$ 在区间 $[0, 16]$ 上的程序。程序如下：

```
%0035  
#10=0;  
#11=0;
```

```
G92 X0.0 Z0.0;
M03 S600;
WHILE #10 LE 16;
G90 G01 X[#10]Z[#11]F500;
#10=#10+0.08;
#11=#10*#10/8;
ENDW;
G00 Z0 M05;
G00 X0;
M30;
```

知识点四 车削循环指令的实现及子程序调用的参数传递

一、概述

华中 HNC-21T 数控系统的固定循环指令采用宏程序方法实现，这些宏程序调用具有模态功能。由于各数控公司定义的固定循环含义不尽一致，如果采用宏程序实现固定循环，那么读者可按自己的需求定制固定循环，十分方便。下面介绍 HNC-21T 数控系统宏程序 / 子程序调用的参数传递规则。

G 代码在调用宏程序（子程序或固定循环，下同）时，系统会将当前程序段各字段（A ~ Z 共 26 字段，如果没有定义则为零）的内容拷贝到宏程序执行时的局部变量 #0 ~ #25，同时将调用宏程序时当前通道 9 个轴的绝对位置（机床绝对坐标）拷贝到宏程序执行时的局部变量 #30 ~ #38。

调用一般子程序时，不保存系统模态值，即子程序可修改系统模态并保持有效；而调用固定循环时，保存系统模态值，即固定循环子程序不修改系统模态。

二、子程序嵌套调用的深度

华中 HNC-818T 数控系统子程序嵌套调用的深度最多可以有 9 层，每一层子程序都有自己独立的局部变量（变量个数为 50）。当前局部变量为 #0 ~ #49，第一层局部变量为 #200 ~ #249，第二层局部变量为 #250 ~ #299，第三层局部变量为 #300 ~ #349，以此类推。

在子程序中要确定上层的局部变量，需要依据上层的层数而定。

思政小故事

世界技能大赛焊接冠军曾正超

英雄出少年——19岁助国家实现零突破，曾正超，谐音“真正超”，世界技能大赛焊接冠军，他希望自己能超越自己。



世界技能大赛焊接冠军曾正超

项目二 数控车削实战强化

任务一 偏心螺母加工

任务描述

如图 2-1-1 所示，完成该偏心螺母零件的工艺制定、刀具和量具选择，以及程序的编制及加工。

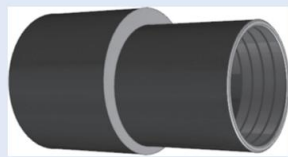


图 2-1-1 偏心螺母 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及偏心螺母零件图，正确识读偏心螺母零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据数控车床编程手册，完成偏心螺母加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具、量具及夹具	
4	学会使用三爪卡盘、四爪单动卡盘车削偏心螺母零件	

任务目标

知识目标

1. 了解编程工艺方法；
2. 了解钻削技术知识；
3. 掌握几何公差技术知识；
4. 掌握车削偏心螺母零件的技术知识。

能力目标

1. 合理安排加工工艺，并能合理使用各种编程指令；
2. 能正确使用不同刀具对零件进行加工，以及用量具对零件进行检测；
3. 能分析产生误差的原因，并提出改进方案；
4. 具有加工质量控制意识。

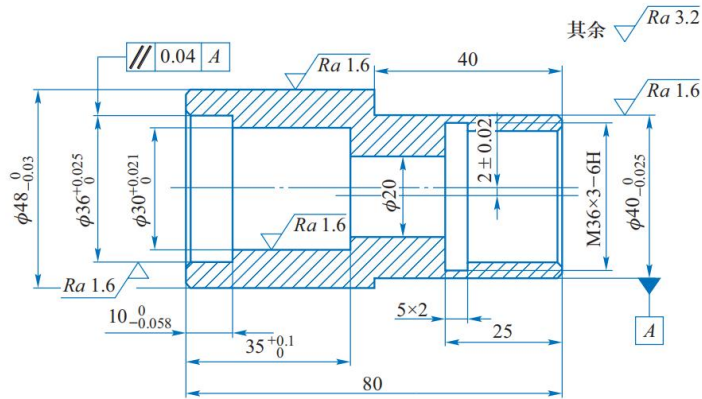
素质目标

1. 培养学生具有感恩心、责任心、敬畏心以及吃苦耐劳的精神；
2. 培养学生严谨的科学精神和精益求精的工作态度；
3. 培养学生具有绿色环保意识、安全意识、信息素养、创新精神。

任务分析

任务书

认真分析图 2-1-2 所示偏心螺母工艺，依据尺寸精度和几何公差要求，加工出符合图纸要求的零件。



- 技术要求：
1. 未注倒角 $0.5 \times 45^\circ$ 。
 2. 严禁用锉刀、砂布修饰加工表面。
 3. 未注形状公差应符合GB1184-80的要求。

图 2-1-2 偏心螺母 2D 图

获取信息

▲ 引导问题 1：加工本任务零件应选择什么夹具？定位基准在哪？

▲ 引导问题 2：分析该零件加工的难点与加工要求。

▲ 引导问题 3：分析零件图中有无遗漏尺寸，或是标注不清楚而影响到编程的地方；分析主要加工尺寸、几何公差要求及表面质量要求，并填写表 2-1-1。

▲ 引导问题 4：对于零件图中标注的公差，加工时如何保证？偏心螺纹精度如何保证？

表 2-1-1 偏心螺母数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5	表面质量要求		

工作计划

▲ 引导问题 5: 根据加工零件, 选择合适的机床设备和刀、量、夹具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 2-1-2。

表 2-1-2 偏心螺母数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	型号	规格	数量
1				
2				
3				
4				
5				
6				

▲ 引导问题 6: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 7: 为保证零件位置精度, 应采用什么装夹方式?

引导问题 8: 粗、精加工对尺寸精度各有什么要求? 为什么?

引导问题 9: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 2-1-3)。

表 2-1-3 偏心螺母数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					

引导问题 10: 编写程序, 填写表 2-1-4。

表 2-1-4 偏心螺母数控加工程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

引导问题 11: 模拟加工。模拟加工时如何进行毛坯大小与位置、刀具参数的设置?

(1) 毛坯大小与位置: _____

(2) 刀具参数: _____

(3) 记录模拟加工过程中不符合要求的地方, 分析原因, 写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方: _____

原因: _____

预防措施: _____

加工实施

▲ 引导问题 12: 加工过程中需注意哪些事项?

 **小提示**



偏心螺母加工方案

质量检测

按表 2-1-5 对零件进行检测, 并将结果填入。

表 2-1-5 偏心螺母数控加工自检表

零件名称	偏心螺母			允许读数误差				项目判定	老师评价	
	序号	项目	尺寸要求	使用的量具	No.1	No.2	No.3			平均值
	1								合 否	合 否
	2								合 否	合 否
	3								合 否	合 否
结论 (对上述测量尺寸进行评价)				合格品	次品	废品				
处理意见										

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 2-1-6。

表 2-1-6 偏心螺母的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

偏心螺母的数控加工综合评价表见表 2-1-7。

表 2-1-7 偏心螺母的数控加工综合评价表

评价内容	分数	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）	10分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5分		
	刀具与工艺	10分		
	编写程序	10分		
	机床操作	15分		
	零件合格与否	20分		
3. 团队合作精神及参与度	10分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）	10分			
5. 任务反思	10分			
总分	100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）	结论：			
组长签字： 年 月 日	教师签字： 年 月 日			
备注：				

思政小故事

世界技能大赛教练徐国胜

徐国胜，从全国首届数控技能大赛数控车项目冠军，到世界技能大赛数控车中国集训队教练组长，他用实际行动一次次超越自己，一次次刷新纪录。



数控大师徐国胜

任务二 薄壁钻套加工

任务描述

如图 2-2-1 所示，完成该薄壁钻套零件的工艺制定、刀具和量具选择，以及程序的编制及加工。

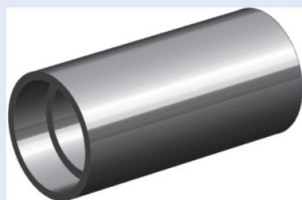


图 2-2-1 薄壁钻套 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及薄壁钻套零件图，正确识读薄壁钻套零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据数控车床编程手册，完成薄壁钻套加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具和量具及夹具	
4	学会使用三爪卡盘车削薄壁钻套零件	

任务目标

知识目标

1. 了解编程工艺方法；
2. 了解钻削、车削技术知识；

3. 掌握几何公差技术知识；
4. 学会车削薄壁钻套零件的技术知识。

能力目标

1. 合理安排加工工艺，并能合理使用各种编程指令；
2. 能正确使用内孔刀具对零件进行加工，以及用量具对零件进行检测；
3. 能分析产生误差的原因，并提出改进方案；
4. 具有加工质量控制意识。

素质目标

1. 培养学生独立学习的习惯、爱好和能力；
2. 培养学生严谨的科学精神和精益求精的工作态度；
3. 培养学生具有感恩心、责任心、敬畏心以及吃苦耐劳的精神。

任务分析

任务书

认真分析图 2-2-2 所示薄壁钻套的加工工艺，依据尺寸精度和几何公差要求，加工出符合图纸要求的零件。

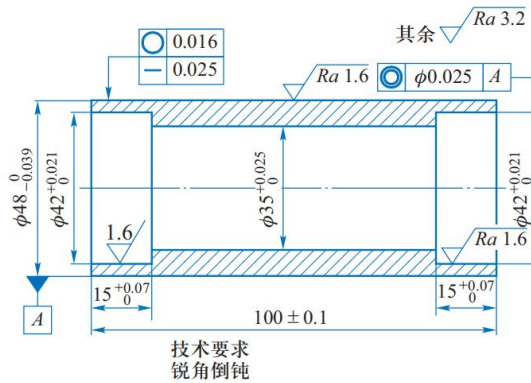


图 2-2-2 薄壁钻套 2D 图

获取信息

▲ 引导问题 1：加工薄壁钻套时应如何装夹？怎么才能加工出符合图纸要求的零件？

▲ 引导问题 2：分析该零件加工的难点与加工要求。

▲ 引导问题 3：分析零件图中有无遗漏尺寸，或是标注不清楚而影响到编程的地方；主要加工尺寸、几何公差要求及表面质量要求，并填写表 2-2-1。

表 2-2-1 薄壁钻套数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5	表面质量要求		

▲ 引导问题 4：对于零件图中标注的公差，加工时应怎么保证？如何防止在加工过程中薄壁钻套变形？

工作计划

▲ 引导问题 5：根据加工零件，选择合适的机床设备和刀、量、夹具，并说明选择原因，根据选择完成表 2-2-2。

表 2-2-2 薄壁钻套数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	型号	规格	数量
1				
2				
3				
4				
5				
6				

▲ 引导问题 6: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 7: 粗、精加工对尺寸精度各有什么要求? 为什么?

▲ 引导问题 8: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 2-2-3)。

表 2-2-3 薄壁钻套数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

▲ 引导问题 9: 编写程序, 填写表 2-2-4。

 小提示



薄壁钻套加工方案

质量检测

按表 2-2-5 对零件进行检测，并将结果填入。

表 2-2-5 薄壁钻套的数控加工自检表

零件名称	薄壁钻套			允许读数误差				项目判定	老师评价		
	序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果						
					No.1	No.2	No.3	平均值	合 否	合 否	
1									合 否	合 否	
2									合 否	合 否	
3									合 否	合 否	
4									合 否	合 否	
结论（对上述测量尺寸进行评价）			合格品 次品 废品								
处理意见											

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 2-2-6。

表 2-2-6 薄壁钻套的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：			年 月 日	

综合评价

薄壁钻套的数控加工综合评价表见表 2-2-7。

表 2-2-7 薄壁钻套的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10 分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5 分			
	刀具与工艺	10 分			
	编写程序	10 分			
	机床操作	15 分			
	零件合格与否	20 分			
3. 团队合作精神及参与度		10 分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10 分			
5. 任务反思		10 分			
总分		100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字：_____		教师签字：_____		_____	
		年 月 日		年 月 日	
备注：					

思政小故事

工匠精神

“工匠精神”是以爱国主义为核心的民族精神和以改革创新为核心的时代精神的生动体现，是鼓舞全党全国各族人民风雨无阻、勇敢前进的强大精神动力。这不仅是“中国制造”的需要，也是展示“中国形象”“中国实力”的需要，更是实现“中国梦”的需要！



工匠精神

任务三 V形槽椭圆轴加工

任务描述

如图 2-3-1 所示，完成该 V 形槽椭圆轴零件的工艺制定、刀具和量具选择，以及程序的编制及加工。



图 2-3-1 V形槽椭圆轴 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及 V 形槽椭圆轴零件图，正确识读 V 形槽椭圆轴形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据数控车床编程手册，完成 V 形槽椭圆轴加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具、量具及夹具	
4	学会使用三爪卡盘车削 V 形槽椭圆轴零件	

任务目标

知识目标

1. 理解 V 形槽椭圆轴工艺；
2. 了解椭圆宏变量编程指令；
3. 掌握 V 形槽椭圆轴切削技术技巧。

能力目标

1. 能够合理安排配合件工艺，并能编制加工程序；
2. 能正确使用不同刀具对零件进行加工，以及用量具对零件质量进行检测；
3. 能有效解决加工工艺难点；
4. 具有综合分析加工零件质量控制意识。

素质目标

1. 培养学生严谨的科学精神和精益求精的工作态度；
2. 培养学生具有绿色环保意识、安全意识、信息素养、创新精神；
3. 培养学生具有感恩心、责任心、敬畏心以及吃苦耐劳的精神。

任务分析

任务书

认真分析图 2-3-2 中 V 形槽椭圆轴工艺，并依据尺寸精度和几何公差要求，加工出符合图纸要求的零件。

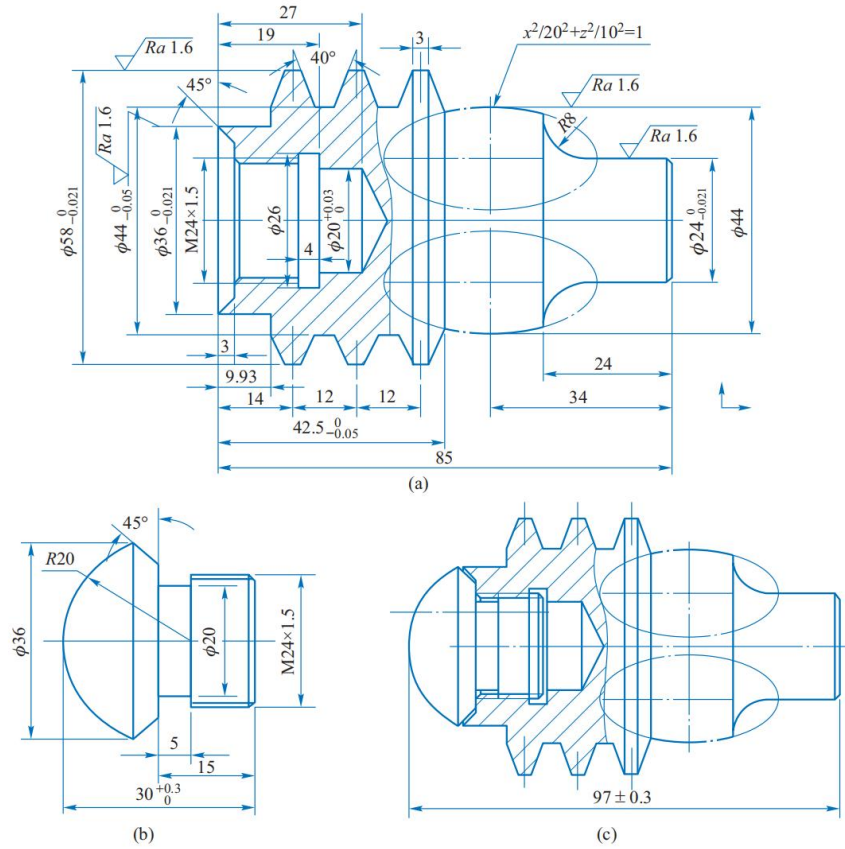


图 2-3-2 V 形槽椭圆轴 2D 图

获取信息

▲ 引导问题 1: 加工本任务零件应选择什么夹具? 有哪些配合要求?

▲ 引导问题 2: 分析该 V 形槽椭圆轴加工的难点与加工要求。

▲ 引导问题 3: 分析零件图中有无遗漏尺寸, 或是标注不清楚而影响到编程的地方; 主要加工尺寸、几何公差要求及表面质量要求, 并填写表 2-3-1。

▲ 引导问题 4: 对于零件图中标注的公差, 加工时怎么保证? 椭圆尺寸精度如何保证?

表 2-3-1 V 形槽椭圆轴数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5	表面质量要求		

工作计划

▲ 引导问题 5: 根据加工零件, 选择合适的机床设备和刀、量、夹具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 2-3-2。

表 2-3-2 V 形槽椭圆轴数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	型号	规格	数量
1				
2				
3				
4				
5				
6				

▲ 引导问题 6: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 7: 如何保证零部件的尺寸精度? 如何切入工艺步骤?

▲ 引导问题 8: 粗、精加工对尺寸精度各有什么要求? 为什么?

▲ 引导问题 9: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 2-3-3)。

表 2-3-3 V 形槽椭圆轴数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					

▲ 引导问题 10: 编写程序, 填写表 2-3-4。

表 2-3-4 V 形槽椭圆轴数控加工程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

 小提示



V形槽椭圆轴加工方案

质量检测

按表 2-3-5 对零件进行检测，并将结果填入。

表 2-3-5 V形槽椭圆轴的数控加工自检表

零件名称	V形槽椭圆轴			允许读数误差				项目判定	老师评价	
	序号	项目	尺寸要求	使用的 量具	测量结果					
					No.1	No.2	No.3			平均值
1								合 否	合 否	
2								合 否	合 否	
3								合 否	合 否	
4								合 否	合 否	
5								合 否	合 否	
结论（对上述测量尺寸进行评价）			合格品 次品 废品							
处理意见										

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 2-3-6。

表 2-3-6 V 形槽椭圆轴的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

V 形槽椭圆轴的数控加工综合评价表见表 2-3-7。

表 2-3-7 V 形槽椭圆轴的数控加工综合评价表

评价内容	分数	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）	10 分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5 分		
	刀具与工艺	10 分		
	编写程序	10 分		
	机床操作	15 分		
	零件合格与否	20 分		
3. 团队合作精神及参与度	10 分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）	10 分			
5. 任务反思	10 分			
总分	100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）	结论：			
组长签字：	年 月 日	教师签字：	年 月 日	
备注：				

思政小故事

航天精神

航天精神，就是精益求精的工匠精神；航天精神，就是顽强攻坚的战斗精神；航天精神，就是无怨无悔的奉献精神。



航天精神

任务四 盲配螺纹轴加工

任务描述

如图 2-4-1 所示，完成该盲配螺纹轴零件工艺的制定、刀具和量具的选择，以及程序的编制及加工。



图 2-4-1 盲配螺纹轴 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及盲配螺纹轴零件图，正确识读盲配螺纹轴零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据数控车床编程手册，完成盲配螺纹轴加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具和量具及夹具	
4	学会使用三爪卡盘车削盲配螺纹轴零件	

任务目标

知识目标

1. 了解合理的工艺方法；
2. 了解长轴加工技术知识；
3. 掌握几何公差知识。

能力目标

1. 合理安排加工工艺，并能合理使用各种编程指令；
2. 能正确使用不同刀具对零件进行加工及使用量具对零件进行检测；
3. 能分析产生误差的原因，并提出改进方案；
4. 具有加工质量控制意识。

素质目标

1. 培养学生独立学习的习惯、爱好和能力；
2. 培养学生严谨的科学精神和精益求精的工作态度；
3. 培养学生具有绿色环保意识、安全意识、信息素养、创新精神。

任务分析

任务书

认真分析图 2-4-2 中盲配螺纹轴的加工工艺，依据尺寸精度和几何公差要求，加工出符合图纸要求的零件。

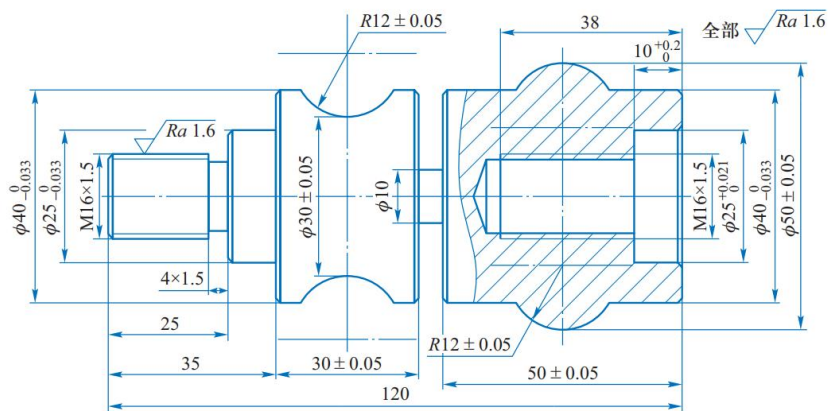


图 2-4-2 盲配螺纹轴 2D 图

获取信息

- ▲ 引导问题 1：加工该零件应选择什么夹具？对于长轴加工应如何装夹？

引导问题 2: 分析该零件加工的难点与加工要求。

引导问题 3: 分析零件图中主要加工尺寸、几何公差要求及表面质量要求, 并填写表 2-4-1。

表 2-4-1 盲配螺纹轴数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5	表面质量要求		

引导问题 4: 对于零件图中标注的公差, 在加工时应如何保证尺寸精度?

工作计划

引导问题 5: 根据加工零件, 选择合适的机床设备和刀、量、夹具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 2-4-2。

表 2-4-2 盲配螺纹轴数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	型号	规格	数量
1				
2				

续表

序号	名称	型号	规格	数量
3				
4				
5				
6				

▲ 引导问题 6: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 7: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 2-4-3)。

表 2-4-3 盲配螺纹轴数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

▲ 引导问题 8: 编写程序, 填写表 2-4-4。

表 2-4-4 盲配螺纹轴数控加工程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

续表

程序段号	程序	程序段号	程序

▲ 引导问题 9：模拟加工。模拟加工时如何进行毛坯大小与位置、刀具参数的设置？

(1) 毛坯大小与位置：_____

(2) 刀具参数：_____

(3) 记录模拟加工过程中不符合要求的地方，分析原因，写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方：_____

原因：_____

预防措施：_____

加工实施

▲ 引导问题 10：加工过程中需注意哪些事项？

小提示



盲配螺纹轴的加工方案

质量检测

按表 2-4-5 对零件进行检测，并将结果填入。

表 2-4-5 盲配螺纹轴的数控加工自检表

零件名称	盲配螺纹轴			允许读数误差				± 0.007 mm	老师评价
	序号	项目	尺寸要求	使用的 量具	测量结果				
No.1					No.2	No.3	平均值		
1								合 否	合 否
2								合 否	合 否
3								合 否	合 否
4								合 否	合 否
5								合 否	合 否
结论（对上述测量尺寸进行评价）			合格品 次品 废品						
处理意见									

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 2-4-6。

表 2-4-6 盲配螺纹轴的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字:				年 月 日

综合评价

盲配螺纹轴的数控加工综合评价表见表 2-4-7。

表 2-4-7 盲配螺纹轴的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10 分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5 分			
	刀具与工艺	10 分			
	编写程序	10 分			
	机床操作	15 分			
	零件合格与否	20 分			
3. 团队合作精神和参与度		10 分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10 分			
5. 任务反思		10 分			
总分		100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论:			
组长签字:		教师签字:			
年 月 日		年 月 日			
备注:					

思政小故事

火箭“心脏”焊接人高凤林

火箭的研制离不开众多的教授、高级工程师，但火箭从蓝图落到实物，靠的是一个个焊接点的累积，靠的是一位位普通工人的咫尺匠心。专注做一样东西，创造别人认为不可能的可能，火箭“心脏”焊接人高凤林用35年的坚守，诠释了一个航天匠人对理想信念的执着追求。

项目三 数控铣削加工入门

任务一 分析零件图样

任务描述

分析如图 3-1-1 所示的模具支撑座有哪些加工要求。正确地对零件进行加工分析，并确定分析要素，安排合理的加工工艺。

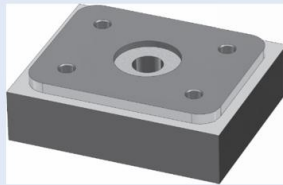


图 3-1-1 模具支撑座 3D 图 (1)

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书(初级/中级)		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及平面或平面轮廓类的零件图,运用机械制图知识和方法,完成零件图识读与分析	
2	能根据数控铣床编程手册,完成平面或平面轮廓类数控铣加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具	

任务目标

知识目标

1. 会进行零件图的识读；
2. 了解板类零件的结构。

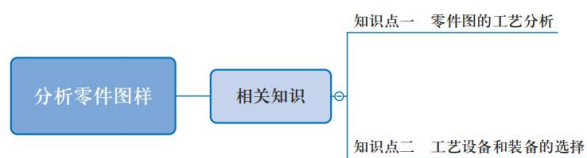
能力目标

1. 能够正确分析零件图样；
2. 能够安排合理的加工工艺；
3. 能够选择加工使用刀具。

素质目标

1. 具有正确的世界观、人生观、价值观，具有社会责任感和参与意识；
2. 严谨细致、专注负责，做到精益求精；
3. 具有绿色环保意识、安全意识、信息素养、创新精神；
4. 团结协作、主动配合，确保完成工作目标。

学习导图



任务分析

任务书

分析图 3-1-2 中的模具支撑座图样和零件尺寸，确定加工部位、尺寸精度和表面质量，以及工件的装夹及加工方案。

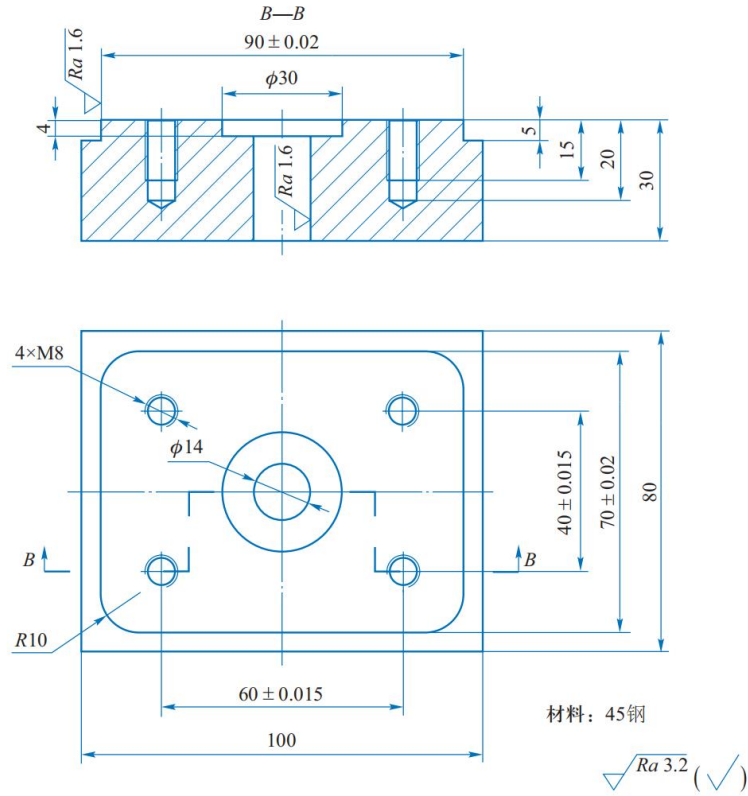


图 3-1-2 模具支撑座 2D 图 (1)

获取信息

▲ 引导问题 1: 加工本任务零件应选择什么尺寸的毛坯? 选择什么材料? 其切削加工性能怎样? 有无热处理和硬度要求?

▲ 引导问题 2: 对于零件图中标注的公差, 在加工时应怎么保证?

▲ 引导问题 3：零件图中 $\phi 14$ 的孔要求表面粗糙度的值为 $Ra1.6$ ，写出加工方案，并填写表 3-1-1。

表 3-1-1 模具支撑座数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4			
5	几何公差要求		
6	表面质量要求		

▲ 引导问题 4：零件图中 4 个螺纹孔的定位精度如何保证？

工作计划

▲ 引导问题 5：为保证零件位置精度，应采用什么装夹方式？

▲ 引导问题 6：分组讨论该零件的加工方案。

加工实施

此任务综合了面铣削、外形铣削、孔加工和螺纹的加工，对表面质量和尺寸精度提出了一定的要求，因此在加工时，对工件的定位、装夹要慎重考虑。为保证加工

精度和提高数控机床的效率，要做到基准统一和尽量减少装夹次数，以避免基准不重合误差和装夹误差。另外，还需考虑一个问题：加工表面之间的相互位置精度如何保证？

该零件主要由平面、孔系及外轮廓组成，其中 $\phi 14$ 的孔要求表面粗糙度的值为 $Ra1.6$ ，可采用钻孔—扩孔—铰孔的加工方案；4 个螺纹孔的定位精度要求较高，因此考虑中心孔钻孔—攻丝的加工方案。

根据零件的结构特点和毛坯的尺寸，在加工时可采用平口虎钳配合量块进行定位夹紧。

任务反思

根据任务完成情况，填写表 3-1-2。

表 3-1-2 分析零件图样个人反思表

序号	出现的问题	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

分析零件图样综合评价表见表 3-1-3。

表 3-1-3 分析零件图样综合评价表

评价内容	分数	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）	20分			
2. 团队合作精神及参与度	20分			
3. 任务完成情况	40分			
4. 任务反思	20分			
总分	100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）	结论：			
组长签字： 年 月 日	教师签字： 年 月 日			
备注：				

相关知识

知识点一 零件图的工艺分析

一、零件图分析

- (1) 尺寸标注方法分析：注意基准统一原则，减少累积误差。
- (2) 零件图的完整性与正确性分析：几何图形的元素条件要求充分。
- (3) 零件技术要求分析：尺寸精度、形状精度、位置精度、表面粗糙度、热处理等都会影响工艺方案，同时考虑零件安装、刀具、切削用量。
- (4) 零件材料分析：材料会影响价格、切削用量、工艺方案。

二、零件结构工艺性分析

- (1) 采用统一的几何类型和尺寸，减少换刀次数，提高效率，降低成本。
- (2) 内圆角应大些，零件的结构工艺性会更合理，也可扩大刀具的选择范围，提高加工效率。
- (3) 槽底圆角应小些，提高工艺性和效率。
- (4) 统一定位基准，减小定位误差。
- (5) 减少刀具数量，降低成本和减小定位误差。

知识点二 工艺设备和装备的选择

工艺设备是指完成工艺过程的主要生产装置，如各种机床、加热炉等。工艺装备是指产品制造过程中所用各种工具的总称，包括刀具、夹具、量具和钳工工具等。在设计机床工序时，需要具体选定机床、夹具、切削刀具和量具。

一、机床的选择

选择机床时，一般应考虑以下几个方面的问题。

- (1) 机床主要规格的尺寸应与工件外廓尺寸相适应，即小工件应当选择小规格的机床加工，大工件则选择大规格的机床加工，做到设备合理使用。
- (2) 机床的类型应与工序的划分原则相适应。若工序是按集中原则划分的，对于

单件小批量生产，则应选择通用机床或数控机床；对于大批量生产，则应选择高效自动化机床和多刀、多轴机床。若工序是按分散原则划分的，则应选择结构简单的专用机床。

(3) 机床的工作精度应与工序要求的加工精度相适应。根据加工精度要求，合理选择机床，如精度要求低的粗加工工序，应选用精度低的机床；精度要求高的精加工工序，应选用精度高的机床。

(4) 机床的功率与刚度及机动范围应与工序的性质和最合适的切削用量相适应。例如，粗加工工序去除的毛坯余量大，切削用量选得大，就要求机床有大的功率和较好的刚度。

应该注意的是，选择机床时应充分利用现有设备，根据需要进行改装，以扩大机床的功能。当选定机床后，往往需要根据负荷的情况进一步修订工艺路线，并适当调整工序的内容。

二、夹具的选择

选择机床的同时，应考虑在机床上装夹工件所用的夹具，具体选择夹具时应考虑以下几方面：

(1) 进行单件小批量生产时，应优先使用组合夹具、通用夹具或可调夹具，以节省费用和缩短生产准备时间。

(2) 进行成批生产时，可采用专用夹具，但力求结构简单。

(3) 工件装卸要方便可靠，以缩短辅助时间，当有条件且生产批量较大时，可采用液动、气动或多工位夹具，以提高加工效率。

(4) 在数控机床上使用的夹具，安装要准确，且能协调工件和机床坐标系的尺寸关系，力求设计基准、工艺基准与编程原点统一，以减小基准不重合误差和数控编程中的计算工作量；尽量减少装夹次数，做到一次装夹后能加工出工件上大部分的待加工表面甚至全部待加工表面，以减小装夹误差，提高加工表面之间的相互位置精度，充分发挥数控机床的效率；避免采用占机人工调整式方案，影响加工效率。

三、切削刀具的选择

一般优先采用标准刀具，必要时也可采用各种高生产率的复合刀具及专用刀具，如可转位刀具、整体硬质合金刀具、陶瓷刀具等。刀具的类型、规格和精度等级应符合加工要求，刀具材料应与工件材料相适应。数控机床加工所用的刀具性能高于普通

机床加工所用的刀具。

学习提示

数控铣床的刀具要求切削性能好，具有较高的精度，例如，整体式立铣刀的径向尺寸精度高达 0.005 mm。刀具及与之组合的附件具有很好的可靠性、较强的适应性和耐用度，以尽量减少更换、修磨刀具与对刀的次数，从而提高数控机床的加工效率，保证加工质量，同时断屑及排屑性能要好，避免发生伤人事故和设备故障，影响加工质量和机床的安全运行。

四、量具的选择

量具的选择主要由工序中检验要求的精度和生产批量的大小决定。在单件小批量生产中，广泛采用通用量具，如游标卡尺、百分表等；在大批量生产中，主要采用各种界限量规和一些高生产率的专用检具与量仪等。量具的精度必须与加工精度相适应，以提高工件的测量精度。

思政小故事

精于工、匠于心、品于行，弘扬工匠精神

方文墨，用“文墨精度”诠释工匠精神。



文墨精度

任务二 数控铣床的选择

任务描述

根据图 3-1-1 所示模具支撑座零件特点，选择数控铣床的类型，并选择适当的型号，以及数控铣床的坐标系及相应机床原点、机床参考点、工件坐标系、工件编程原点及换刀点。

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级 / 中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据工作任务要求和数控铣床操作手册，完成数控铣床坐标系的建立，运用数学知识和方法，完成数控铣床坐标节点的计算	
2	能根据安全文明生产制度，做到着装整洁、规范，正确使用安全防护用品，符合安全文明生产要求	
3	能遵循数控铣床操作规程，使用数控铣床完成工作模式切换等操作	

任务目标

知识目标

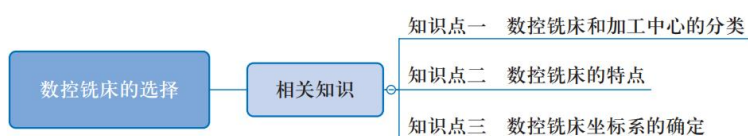
1. 了解各种数控铣床的分类及结构特点；
2. 了解数控铣床坐标系的概念；
3. 掌握各类数控铣床的坐标系。

能力目标

1. 能根据数控铣床的基本组成和分类，以及数控铣床的加工特点，为被加工零件选择合适的铣床；
2. 能够确定数控铣床坐标系及相关点的位置。

素质目标

1. 具有良好的职业道德和职业素养；
2. 具有较强的团队意识、荣誉感；
3. 提升语言表达能力及不怯场的胆量，进而提高综合能力。

 学习导图

 任务分析

任务书

根据图 3-1-2 所示模具支撑座 2D 图的分析，选择立式数控铣床进行加工，并根据数控铣床实训任务书完成相关操作。

获取信息

- ▲ 引导问题 1：模具支撑座的加工适合在什么类型的数控铣床上加工，为什么？

- ▲ 引导问题 2：数控铣床如何分类，各适合加工什么样的零件？

- ▲ 引导问题 3：数控铣床坐标轴确定的原则是什么？运动方向如何确定？

工作计划

- ▲ 引导问题 4：认知数控铣床结构，叙述开机、关机方法以及回零步骤和对刀方

法，并在机床上进行练习。



数控铣床认知实训任务书

小提示

数控铣床安全操作注意事项如下：

- (1) 电源接通前，要检查铣床的防护门、电箱门等是否关闭，检查主轴箱上油标的液面位置，检查切削液的液面是否高于水泵吸入口。
- (2) 电源接通后，要检查电箱门轴流风机工作是否正常、急停按钮是否跳起、铣床照明灯亮不亮。
- (3) 在铣床主轴运转过程中，务必关上铣床的防护门，关门时务必注意手的安全，避免造成伤害。
- (4) 开、关机之间必须间隔 15 s 以上。
- (5) 使用进给速度修调等旋钮开关时，用力不要过大，否则旋钮开关容易受损。
- (6) 在操作演示后，让学生逐个轮换练习一次，然后再分散练习。

任务反思

根据任务完成情况，填写表 3-2-1。

表 3-2-1 数控铣床的选择个人反思表

序号	出现的问题	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

数控铣床的选择综合评价表见表 3-2-2。

表 3-2-2 数控铣床的选择综合评价表

评价内容	配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）	20分			
2. 团队合作精神和参与度	20分			
3. 任务完成情况	40分			
4. 任务反思	20分			
总分	100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）	结论：			
组长签字： 年 月 日	教师签字： 年 月 日			
备注：				

相关知识

知识点一 数控铣床和加工中心的分类

数控铣床与加工中心的主要区别：数控铣床没有刀库和自动换刀功能。加工中心就是带有刀库且具有自动换刀功能的数控镗铣床。

一、数控铣床

1. 简易型数控铣床

如图 3-2-1 所示，简易型数控铣床是在普通铣床的基础上，对机床的机械传动结构进行简单的改造，并增加简易数控系统后形成的数控铣床。其成本低、自动化程度和功能都较差，一般只有 X 、 Y 两坐标轴联动功能，加工精度不高，可以加工平面曲线类和平面型腔类零件。

简易型数控铣床有立式数控铣床和卧式数控铣床两种，如图 3-2-2、图 3-2-3 所示。



图 3-2-1 简易型数控铣床



图 3-2-2 立式数控铣床



图 3-2-3 卧式数控铣床

2. 数控仿形铣床

数控仿形铣床主要用于各种复杂型腔模具或工件的铣削加工，特别对不规则的三维曲面和复杂边界构成的工件更显示出其优越性。它具有的功能如下：①数控功能；②仿形功能；③数字化功能。

3. 数控工具铣床

数控工具铣床是在普通工具铣床的基础上,对机床的机械传动系统进行改造并增加数控系统后形成的数控铣床。这种机床适用于各种工装、刀具、各类复杂的平面、曲面零件的加工。

4. 数控龙门镗铣床

数控龙门镗铣床属于大型数控机床,主要用于大中等尺寸、大中等重量的黑色金属和有色金属的各种平面、曲面和孔的加工。在配置直角铣头的情况下,其可以在工件一次装夹下分别对5个面进行加工。对于单件小批量生产的复杂、大型零件和框架结构零件,数控龙门镗铣床能自动、高效、高精度地完成上述各种加工操作。常见的镗铣床如图3-2-4、图3-2-5所示。

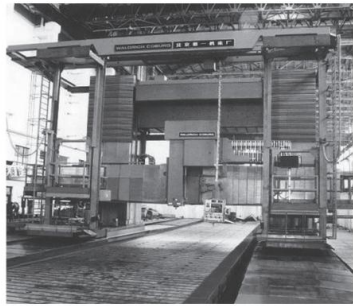


图 3-2-4 数控龙门镗铣床

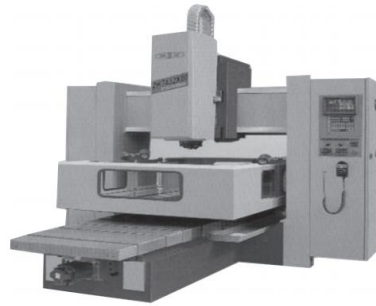


图 3-2-5 龙门数控铣床

二、加工中心

加工中心按照机床结构可分为立式、卧式、龙门式和万能加工中心。

1. 立式加工中心

立式加工中心指主轴轴线为垂直状态设置的加工中心,其结构形式多为固定立柱式,工作台为长方形、十字滑台,适合加工各类铣削类零件,具有3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用以加工螺旋线类零件,如图3-2-6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

卧式加工中心如图3-2-7所示,是主轴轴线水平设置的加工中心,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3个直线运动坐标(沿X、Y、Z轴方向)加一个回转运动坐标(回转工作台)。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 4 个面的加工。卧式加工中心最适合箱体类零件的加工。



图 3-2-6 立式加工中心

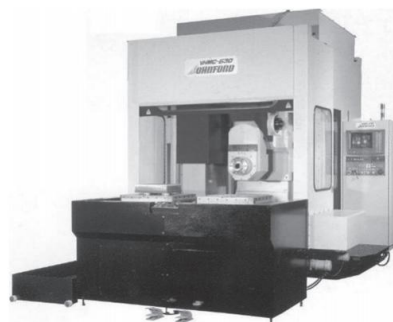


图 3-2-7 卧式加工中心

与立式加工中心相比较，卧式加工中心的结构复杂、占地面积大、重量大、价格也较高。

3. 龙门式加工中心

龙门式加工中心形状与龙门数控铣床相似。其主轴多为垂直设置，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，尤其适用于大型或形状复杂的零件，如航天工业及大型汽轮机上的某些零件的加工。

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 5 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 5 个表面的加工后，可以使工件的几何误差降到最低，省去二次装夹工件，从而提高生产效率，降低加工成本。由于五面加工中心存在着结构复杂、造价高、占地面积大等缺点，所以它的使用广泛性和生产数量远不如其他类型的加工中心。

知识点二 数控铣床的特点

数控铣床一般都能完成铣平面、铣斜面、铣槽、铣曲面、钻孔、镗孔、攻螺纹等加工，一般情况下，可以在一次装夹中完成所需的加工工序。

数控铣床的最大特点是高柔性, 所谓“柔性”即灵活、通用、万能, 可以适用于加工不同形状的工件。数控铣床的高效率主要是由数控铣床的高柔性带来的, 一般不需要使用专用夹具工艺装备, 在更换工件时, 只需调用存储于计算机中的加工程序进行装夹工件和调整刀具数据即可, 能大大缩短生产周期。一般的数控铣床都具有铣床、镗床和钻床的功能, 使工序高度集中, 大大提高了生产效率并减少了工件的装夹误差。

数控铣床的主轴转速和进给量都是无级变速的, 因此有利于选择最佳切削用量, 具有快进、快退、快速定位功能, 可大大减少辅助时间。

知识点三 数控铣床坐标系的确定

在进行数控编程时, 为了描述铣床的运动、简化程序编制的方法及保证记录数据的互换性, 数控铣床的坐标系和运动方向均已标准化, ISO 和我国都拟定了命名的标准。

一、基本坐标轴及其运动方向

在铣床上, 我们始终假设工件静止, 而刀具是运动的。这样编程人员在不考虑铣床上工件与刀具具体运动的情况下, 就可以依据零件图样, 确定铣床的加工过程。

标准铣床坐标系中 X 、 Y 、 Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡儿直角坐标系确定, 即大拇指指向 X 轴的正方向, 食指指向 Y 轴的正方向, 中指指向 Z 轴的正方向。

围绕 X 、 Y 、 Z 坐标轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示, 根据右手螺旋定则, 大拇指指向 $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 方向, 则其余 4 指的绕向指向圆周进给运动的 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 的方向, 如图 3-2-8 所示。

1. 基本坐标轴的确定原则

- (1) 铣床相对运动的规定: 假设工件静止, 而刀具是运动的。
- (2) 铣床坐标系的规定: 用右手笛卡儿直角坐标系确定。
- (3) 运动方向的规定: 增大刀具与工件距离的方向即各坐标轴的正向。

2. 基本坐标轴及方向的确定

(1) Z 坐标轴。 Z 坐标轴由传递切削动力的主轴所决定, 即平行于主轴轴线的坐标轴为 Z 坐标轴。 Z 坐标轴的正向为刀具离开工件的方向。

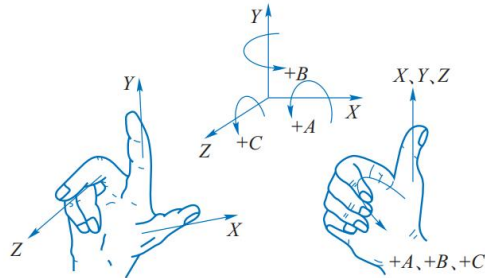


图 3-2-8 铣床坐标轴定义与方向

(2) X 坐标轴。 X 坐标轴平行于工件的装夹平面，一般在水平面内。

如果刀具做旋转运动，则分为两种情况： Z 坐标轴水平时，观察者沿刀具主轴向工件看时， $+X$ 运动方向指向右方； Z 坐标轴垂直时，观察者面对刀具主轴向立柱看时， $+X$ 运动方向指向右方。

(3) Y 坐标轴。在确定 X 、 Z 坐标轴的正方向后，按照右手笛卡儿直角坐标系来确定 Y 坐标轴的方向。

立式数控铣床的坐标系如图 3-2-9 所示。

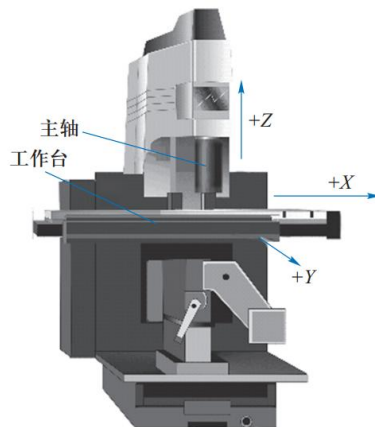


图 3-2-9 立式数控铣床的坐标系

3. 附加坐标轴

为了使编程和加工方便，有时还要设置附加坐标轴。

对于直线运动，通常建立的附加坐标轴如下：指定平行于 X 、 Y 、 Z 坐标轴可以采

用的附加坐标轴，即第二组为 U 、 V 、 W 坐标轴，第三组为 P 、 Q 、 R 坐标轴。

二、铣床原点、铣床参考点

1. 铣床原点

铣床原点是指在铣床上设置的一个固定点，即铣床坐标系的原点。它在铣床装配、调试时就已确定下来，是数控铣床进行加工运动的基准参考点。

在数控铣床上，铣床原点一般取在 X 、 Y 、 Z 坐标轴的正方向极限位置上，如图 3-2-10 (a) 中的 O_1 点。

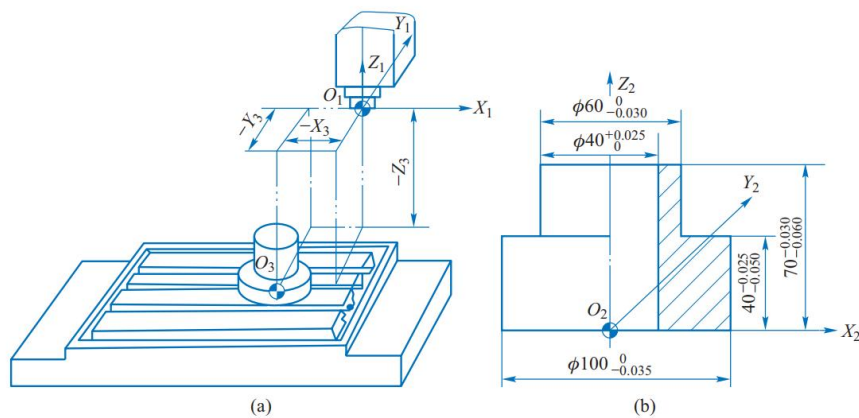


图 3-2-10 数控铣床的原点

2. 铣床参考点

铣床参考点是用于对铣床运动进行检测和控制的固定位置点。铣床参考点的位置是由铣床制造厂家在每个进给轴上用限位开关精确调整的，其坐标值已输入数控系统中，因此铣床参考点对铣床原点的坐标是一个已知数。

通常在数控铣床上，铣床原点和铣床参考点是重合的。数控铣床开机时，必须先确定铣床原点，而确定铣床原点的运动就是刀架返回参考点的运动，这样通过确定铣床参考点，就确定了铣床原点。只有铣床参考点被确定后，刀具（或工作台）的移动才有基准。



数控铣装刀
和对刀微课

三、工件坐标系

工件坐标系是指以确定的加工原点为基准所建立的坐标系。工件原点也称为程序原点，是指零件被装夹好后，相应的编程原点在机床

坐标系中的位置。

在加工过程中，数控铣床是按照工件装夹好后所确定的工件原点位置和程序要求进行加工的。编程人员在编制程序时，只要根据零件图样就可以选定编程原点、建立编程坐标系、计算坐标数值，而不必考虑工件毛坯装夹的实际位置，如图 3-2-10 (b) 所示。

四、绝对值编程及增量值编程

数控加工程序中表示几何点的坐标位置有绝对值和增量值两种方式。绝对值表示方式是以“工件原点”为依据来表示坐标位置；增量值表示方式是以相对于“前一点”位置坐标尺寸的增量值来表示坐标位置。

思政小故事

传承雷锋精神 凝聚奋进力量

雷锋精神是永恒的，是社会主义核心价值观的生动体现。雷锋精神永远值得弘扬。



雷锋精神

巩固知识

一、填空题

1. 数控加工时对刀点设置的原则如下：便于数值计算和简化程序编制、_____。
2. 衡量数控机床运动性能的指标有_____。
3. 脉冲当量是指_____。
4. 数控铣削机床的加工对象与数控机床的结构配置有很大关系。_____铣床一般适用于加工盘、套、板类零件，一次装夹后，_____。

问题小贴士：

问题小贴士:

可对上表面进行铣、钻、扩、镗、铰、攻螺纹等工序以及侧面的轮廓加工；_____铣床一般都带有回转工作台，一次装夹后可完成除安装面和顶面以外的其余 4 个面的各种工序加工，适宜于箱体类零件加工；_____数控铣床，其主轴可以旋转 90° 或工作台带着工件旋转 90°，一次装夹后可以完成对工件 5 个表面的加工；_____适用于大型零件的加工。

二、选择题

1. 下列机床精度最高的为 ()。

- A. 脉冲当量为 0.001 mm/p
- B. 脉冲当量为 0.01 mm/p
- C. 脉冲当量为 0.000 1 mm/p
- D. 脉冲当量为 0.1 mm/p

2. 确定机床 X、Y、Z 坐标轴时，规定平行于机床主轴的刀具运动坐标轴为_____，取刀具远离工件的方向为_____方向。

()

- A. X 轴 正 B. Y 轴 正
- C. Z 轴 正 D. Z 轴 负

3. 下列关于数控机床的组成描述不正确的是 ()。

- A. 数控机床通常由控制介质、数控装置、伺服系统和机床组成
- B. 数控机床通常由控制介质、数控装置、伺服系统、机床和测量装置组成
- C. 数控机床通常由穿孔带、数控装置、伺服系统和机床组成
- D. 数控机床通常由控制介质、测量装置、伺服系统和机床组成

4. 根据 ISO 标准，数控机床在编程时采用 () 规则。

- A. 刀具相对静止，工件运动
- B. 工件相对静止，机床运动
- C. 按实际运动情况确定
- D. 按坐标系确定

5. 数控机床坐标系中 X、Y、Z 坐标轴由_____笛卡儿坐标系确定；A、B、C 坐标轴由_____定则确定。()

- A. 左手 左手 B. 左手 右手
C. 右手 左手 D. 右手 右手

问题小贴士:

三、判断题

1. 数控铣床适宜加工轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸的回转体零件、箱体类零件、精度要求高的回转体零件、特殊的螺旋类零件等。 ()
2. 机床开机回零的目的是建立工件坐标系。 ()
3. 数控机床的坐标系采用右手笛卡儿坐标系, 在确定具体坐标轴时, 先确定 X 轴, 再根据右手定则确定 Z 轴。 ()
4. 数控机床 C 轴的运动就是主轴的主运动。 ()
5. 机床操作面板上“单段运行”方式的功能为每按一次循环启动键, 执行一个程序段。 ()

四、简答题

1. 数控铣床的操作面板由哪几个部分组成? 功能是什么? 如何进行开机操作、回参考点操作、手动换刀操作以及超程解除操作?
2. 数控铣床在哪几种情况下要进行回参考点操作?
3. 数控铣床 / 加工中心日常维护和保养包含哪些项目?

任务三 数控铣削加工工艺文件的填写

任务描述

对如图 3-1-1 所示模具支撑座进行数控加工, 需要将零件固定在机床上, 进行定位准确的数控加工, 合理选择夹具、刀具, 确定切削用量参数值。通过对数控加工工艺相关知识点的学习, 合理地安排模具支撑座数控加工工艺路线, 填写加工工艺文件。

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级 / 中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据工艺手册，正确识读工序内容、工步内容、工艺装备及检测要求等信息	
2	能根据机械加工工艺文件要求，完成数控加工刀具、量具和夹具的选用	
3	能根据零件图、机械加工工艺文件要求，使用相应量具或量仪，完成零件几何公差检测	

任务目标

知识目标

1. 了解数控夹具的类型、特点，掌握夹具的选用方法；
2. 了解数控铣刀的类型、材料、特点，掌握铣刀的选用方法；
3. 了解工序安排方法和选择合理走刀路线的原则，掌握数控铣床切削用量的选用方法。

能力目标

1. 能合理选择数控夹具和刀具以及切削用量；
2. 能合理安排数控铣走刀路线，正确填写工艺文件。

素质目标

1. 具有信息素养、创新精神；
2. 具有精益求精的工匠精神；
3. 提升学生职业素养，具有无怨无悔的奉献精神；
4. 具有顽强攻坚的战斗精神。

学习导图



任务分析

任务书

根据图 3-1-2 所示的模具支撑座，分析加工工艺，合理选择夹具、刀具及切削用量，并填写加工工艺文件。

获取信息

- ▲ 引导问题 1：查阅资料，分析数控铣削加工工艺的基本内容。

- ▲ 引导问题 2：模具支撑座数控加工需要几把刀？常用的刀具材料有哪些？刀具和主轴是如何连接的？

- ▲ 引导问题 3：数控铣常用的装夹方式有哪些？常用的夹具有哪些？各有什么特点？

- ▲ 引导问题 4：加工模具支撑座，如何确定切削参数？

工作计划

- ▲ 引导问题 5：模具支撑座零件加工的工序如何划分？

引导问题 6: 粗、精加工切削用量的选择原则是什么? 如何选择?

引导问题 7: 选择切削路线的原则是什么?

引导问题 8: 粗、精加工对转速及进给速度各有什么要求? 为什么?

引导问题 9: 根据模具支撑座零件加工要求和工艺顺序安排, 填写刀具卡片和数控加工工艺卡片 (见表 3-3-1 和表 3-3-2)。

表 3-3-1 刀具卡片

产品名称或代号		零件名称			零件图号	
序号	刀具号	刀具			加工表面	备注
		规格名称	数量	刀长/mm		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
编制		审核		批准		年 月 日
						共 页 第 页

表 3-3-2 数控加工工艺卡片

单位名称	产品名称或代号				零件名称			零件图号	
工序号	程序编号	夹具名称			使用设备			车间	
		平口钳			数控铣				
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格/mm	主轴转速 / ($r \cdot \min^{-1}$)	进给速度 / (mm/min)	背吃刀量/mm	刀具长度补偿	刀具半径补偿	备注
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
编制		审核		批准		年 月 日	共 页	第 页	

任务反思

根据任务完成结果，填写表 3-3-3。

表 3-3-3 数控铣削加工工艺文件的填写个人反思表

序号	出现的问题	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字： 年 月 日				

综合评价

数控铣削加工工艺文件的填写综合评价表见表 3-3-4。

表 3-3-4 数控铣削加工工艺文件的填写综合评价表

评价内容	分数	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）	20分			
2. 团队合作精神和参与度	20分			
3. 任务完成情况	40分			
4. 任务反思	20分			
总分	100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）	结论：			
组长签字： 年 月 日	教师签字： 年 月 日			
备注：				

相关知识

知识点一 加工工序的划分

在数控铣床上加工零件，工序可以比较集中，一次装夹应尽可能完成全部工序。常用的工序划分原则有以下两种：

- (1) 保证精度的原则。
- (2) 提高生产效率的原则。

学习提示

数控铣床加工工序划分要求工序尽可能集中，粗、精加工在一次装夹下完成。为减少热变形和切削力变形对工件的形状、位置精度、尺寸精度和表面粗糙度的影响，应将粗、精加工分开进行。对轴类或盘类零件，应该先粗加工，留少量余量精加工，来保证表面质量要求。对一些箱体零件，为保证孔的加工精度，应先加工表面而后加工孔。另外，应尽量减少空行程，用同一把刀加工工件的多个部位时，应以最短的路线到达各加工部位。

知识点二 加工路线的确定

一、加工顺序的安排

加工顺序的安排应根据零件的结构和毛坯状况，以及定位、安装与夹紧的需要来考虑。加工顺序的安排一般应按以下原则进行：

- (1) 上道工序的加工不能影响下道工序的定位与夹紧，中间穿插有通用机床加工工序的也应综合考虑。
- (2) 先进行内腔加工，后进行外形加工。
- (3) 以相同定位、夹紧方式加工或用同一把刀具加工的工序，最好连续加工，以减少重复定位次数、换刀次数与挪动压板次数。

二、确定走刀路线和加工顺序

走刀路线是工艺分析中一项重要的工作，它是编程的基础。确定走刀路线时，应考虑加工表面的质量、精度、效率及机床等情况。与数控车床比较，数控铣床加工刀具轨迹为空间三维坐标，一般刀具首先在工件轮廓外下降到某一位置，再开始进行切削加工。针对不同加工的特点，应着重考虑以下几个方面。

1. 顺铣和逆铣的选择

(1) 顺铣和逆铣对加工的影响。在铣削加工中，采用顺铣还是逆铣方式是影响加工表面粗糙度的重要因素之一。逆铣时切削力 F 的水平分力 F_x 的方向与进给速度 v_f 方向相反，顺铣时切削力 F 的水平分力 F_x 的方向与进给速度 v_f 的方向相同。铣削方式的选择应视零件图样的加工要求，工件材料的性质、特点，以及铣床、刀具等条件综合考虑。通常，由于数控铣床传动采用滚珠丝杠结构，其进给传动间隙很小，顺铣的工艺性就优于逆铣。

(2) 顺铣和逆铣的使用特点。铣削有顺铣和逆铣两种方式（见图 3-3-1）。当工件表面无硬皮，铣床的进给机构无间隙时，应选用顺铣，按照顺铣安排进给路线。因为采用顺铣加工后，零件已加工表面质量好，刀具磨损小。精铣时，尤其是零件材料为铝镁合金、钛合金或耐热合金时，应尽量采用顺铣。当工件表面有硬皮，铣床的进给机构有间隙时，应选用逆铣，按照逆铣安排进给路线。因为逆铣时，刀具是从已加工表面切入的，不会崩刀；铣床进给机构的间隙不会引起振动和爬行。

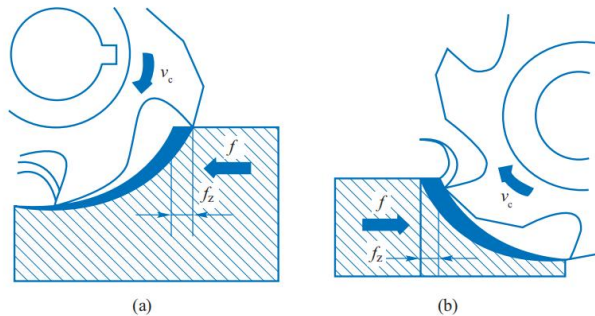


图 3-3-1 顺铣与逆铣
(a) 顺铣；(b) 逆铣

2. 内腔铣削加工路线的分析

如图 3-3-2 (a) 所示为用行切方式加工内腔的走刀路线, 这种走刀路线能切除内腔中的全部余量, 不留死角, 不伤轮廓。但行切法将在两次走刀的起点和终点间留下残留高度, 达不到要求的表面粗糙度, 所以采用如图 3-3-2 (b) 所示的走刀路线, 先用行切法, 然后沿周向环切一刀, 光整轮廓表面, 能获得较好的效果。图 3-3-2 (c) 也是一种较好的走刀路线。

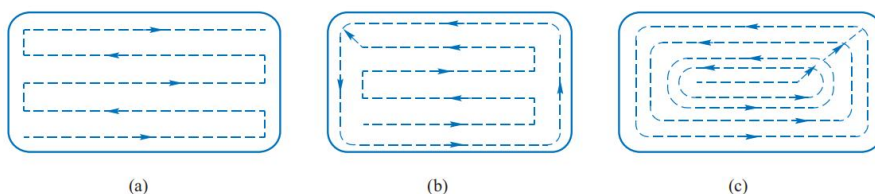


图 3-3-2 铣削内腔的 3 种走刀路线
(a) 路线 1; (b) 路线 2; (c) 路线 3

3. 选择切入、切出方向

- (1) 刀具的切出或切入点应在沿零件轮廓的切线上, 以保证工件轮廓光滑。
- (2) 应避免在工件轮廓面上垂直上、下刀而划伤工件表面。
- (3) 尽量减少在轮廓加工切削过程中的暂停 (切削力突然变化造成弹性变形), 以免留下刀痕。
- (4) 选择使工件在加工后变形小的路线。

4. 轮廓铣削加工路线的分析

对于连续铣削轮廓, 特别是在加工圆弧时, 要注意安排好刀具的切入、切出, 尽量避免交接处重复加工, 否则会出现明显的界限痕迹。如图 3-3-3 所示, 用圆弧插补方式铣削外整圆时, 要安排刀具从切向进入圆周铣削加工, 当整圆加工完毕后, 不要在切点处直接退刀, 而让刀具多运动一段距离, 最好沿切线方向, 以免在取消刀具补偿时, 刀具与工件表面相碰撞, 造成工件报废。铣削内圆弧时, 也要遵守从切向切入的原则, 安排切入、切出过渡圆弧, 如图 3-3-4 所示, 刀具从工件坐标原点出发, 其加工路线为 1→2→3→4→5, 这样来提高内孔表面的加工精度和质量。

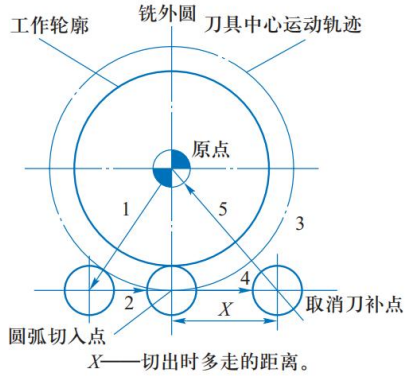


图 3-3-3 铣削外圆加工路线

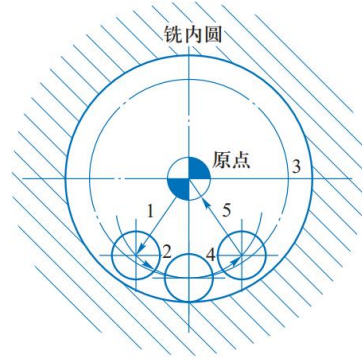


图 3-3-4 铣削内孔加工路线

5. 位置精度要求高的孔加工路线的分析

对于位置精度要求较高的孔系加工，特别要注意孔的加工顺序的安排，当安排不当时，就有可能将沿坐标轴的反向间隙带入，直接影响位置精度。如图 3-3-5 所示，图 3-3-5 (a) 所示为零件图，在该零件上加工 6 个尺寸相同的孔，有两种加工路线。当按图 3-3-5 (b) 所示路线加工时，由于 5、6 孔与 1、2、3、4 孔定位方向相反，在 Y 轴方向上的反向间隙会使定位误差增加，从而影响 5、6 孔与其他孔的位置精度。按图 3-3-5 (c) 所示路线，加工完 4 孔后，往上移动一段距离到点 P，然后再折回来加工 5、6 孔，这样方向一致，可避免反向间隙的引入，提高 5、6 孔与其他孔的位置精度。

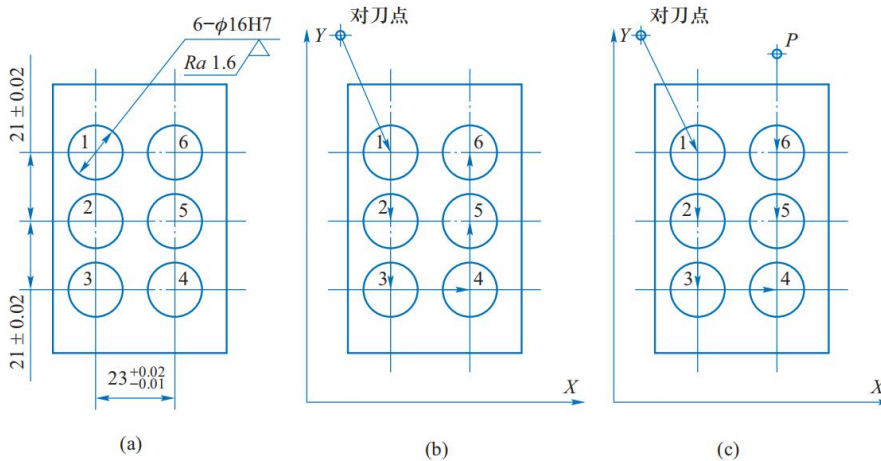


图 3-3-5 孔加工路线

6. 铣削曲面的加工路线的分析

铣削曲面时，常用球头刀采用“行切法”进行加工。所谓行切法，是指刀具与零件轮廓的切点轨迹是一行一行的，而行间的距离按零件加工精度的要求确定。对于边界敞开的曲面加工，可采用两种加工路线。如图 3-3-6 所示，对于发动机大叶片，当采用图 3-3-6 (a) 所示的加工方案时，每次沿直线加工，刀位点计算简单，程序少，加工过程符合直纹面的形成，可以准确保证母线的直线度。当采用图 3-3-6 (b) 所示的加工方案时，符合这类零件数据的给出情况，便于加工后检验，并且叶形的准确度高，但程序较多。由于曲面零件的边界是敞开的，没有其他表面限制，所以曲面边界可以延伸，球头刀应由边界外开始加工。

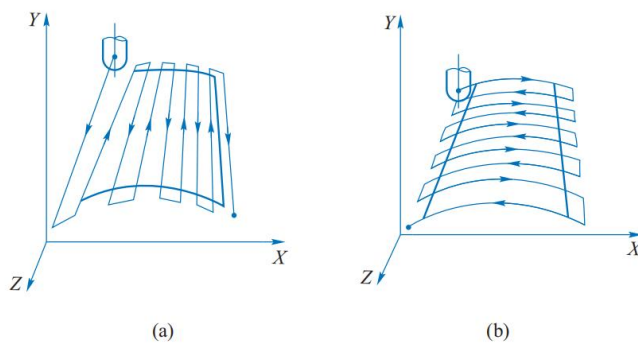


图 3-3-6 曲面加工路线

以上通过几例分析了数控加工中常用的加工路线，在实际生产中，加工路线要根据零件的具体结构特点综合考虑、灵活运用。确定加工路线的总原则如下：在保证零件加工精度和表面质量的条件下，尽量缩短加工路线，以提高生产效率。

知识点三 切削用量的确定

一、面、轮廓加工切削用量的选择

如图 3-3-7 所示，数控铣床的切削用量包括切削速度、进给速度、背吃刀量和侧吃刀量。从刀具耐用度出发，切削用量的选择方法如下：首先选取背吃刀量或侧吃刀量，其次确定进给速度，最后确定切削速度。

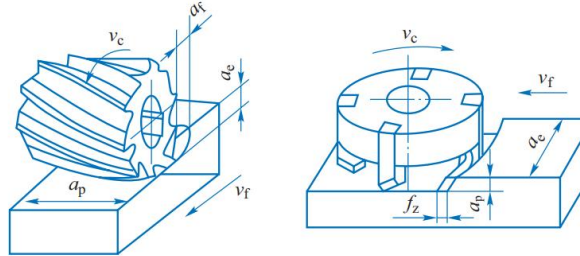


图 3-3-7 铣削切削用量

1. 端铣背吃刀量（或周铣侧吃刀量）

背吃刀量 (a_p) 为平行于铣刀轴线方向测量的切削层尺寸。端铣时，背吃刀量为切削层的深度，而圆周铣削时，背吃刀量为被加工表面的宽度。

侧吃刀量 (a_e) 为垂直于铣刀轴线方向测量的切削层尺寸。端铣时，侧吃刀量为被加工表面的宽度，而圆周铣削时，侧吃刀量为切削层的深度。

背吃刀量或侧吃刀量的选取，主要由加工余量和对表面质量的要求决定。

(1) 在工件表面粗糙度 Ra 值为 $12.5 \sim 25 \mu\text{m}$ 时，如果圆周铣削的加工余量小于 5 mm ，端铣的加工余量小于 6 mm ，粗铣时一次进给就可以达到要求。但在余量较大，工艺系统刚性较差或机床动力不足时，可分两次进给完成。

(2) 在工件表面粗糙度 Ra 值为 $3.2 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 时，可分粗铣和半精铣两步进行。粗铣时背吃刀量或侧吃刀量选取同 (1)。粗铣后留 $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 余量，在半精铣时切除。

(3) 在工件表面粗糙度 Ra 值为 $0.8 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 时，可分粗铣、半精铣、精铣三步进行。半精铣时背吃刀量或侧吃刀量取 $1.5 \sim 2 \text{ mm}$ ；精铣时，圆周铣削侧吃刀量取 $0.3 \sim 0.5 \text{ mm}$ ，端铣背吃刀量取 $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 。

2. 进给速度

进给速度 (v_f) 是单位时间内工件与铣刀沿进给方向的相对位移，它与铣刀转速 (n)、铣刀齿数 (z) 及每齿进给量 (f_z) 的关系为

$$v_f = f_z z n$$

每齿进给量 f_z 的选取主要取决于工件材料的力学性能、刀具材料、工件表面粗糙度等因素。工件材料的强度和硬度越高，每齿进给量越小，反之则越大。硬质合金铣刀的每齿进给量高于同类高速钢铣刀。工件表面粗糙度 Ra 值越小，每齿进给量就越小，每齿进给量的确定可参考表 3-3-5 选取。工件刚性差或刀具强度低时，应取小值。

表 3-3-5 铣刀每齿进给量

工件材料	每齿进给量 $f_z / (\text{mm} \cdot z^{-1})$			
	粗铣		精铣	
	高速钢铣刀	硬质合金铣刀	高速钢铣刀	硬质合金铣刀
钢	0.10 ~ 0.15	0.10 ~ 0.25	0.02 ~ 0.05	0.10 ~ 0.15
铸铁	0.12 ~ 0.20	0.15 ~ 0.30		

3. 切削速度

铣削的切削速度与刀具耐用度 T 、每齿进给量 f_z 、背吃刀量 a_p 、侧吃刀量 a_e 、铣刀齿数 z 成反比，而与铣刀直径成正比。其原因是当 f_z 、 a_p 、 a_e 和 z 增大时，刀刃负荷增加，工作的齿数也增多，使切削热增加，刀具磨损加快，从而限制了切削速度的提高，另外，刀具耐用度的提高使允许使用的切削速度降低。加大铣刀直径 d 可改善散热条件，从而提高切削速度。铣削时的切削速度可参考表 3-3-6 选取，也可参考相关的切削手册。

表 3-3-6 铣削时的切削速度

工件材料	硬度 /HBS	$v_c / (\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	
		高速钢铣刀	硬质合金铣刀
钢	<225	18 ~ 42	66 ~ 150
	225 ~ 325	12 ~ 36	54 ~ 120
	325 ~ 425	6 ~ 21	36 ~ 75
铸铁	<190	21 ~ 36	66 ~ 150
	190 ~ 260	9 ~ 18	45 ~ 90

二、孔加工切削用量的选择

(1) 孔加工时的主轴转速 n (r/min)，根据选定的切削速度 v_c (m/min) 和加工直径或刀具直径计算。

(2) 孔加工时的进给速度，根据选择的进给量和主轴转速计算。

(3) 攻螺纹时进给量的选择取决于螺纹的导程，由于使用了带有浮动功能的攻螺纹夹头，攻螺纹时工作进给速度 v_f (mm/min) 可略小于理论计算值，即 $v_f \leq P_n$ (P 为导程)。

在确定进给速度时，要注意一些特殊情况。例如，在高速进给的轮廓加工中，由

于工艺系统的惯性，在拐角处易产生“超程”和“过切”现象，因此，在拐角处应选择变化的进给速度，即接近拐角时减速，过了拐角后加速。

理想的加工程序不仅应保证加工出符合图样的合格工件，同时应能使数控铣床的功能得到合理的应用和充分的发挥。数控铣床是一种高效率的自动化设备，它的效率为普通铣床的2~3倍，所以，要充分发挥数控铣床的这一优点，必须熟练掌握其性能、特点、使用操作方法，同时还必须在编程之前正确地确定加工方案。

由于生产规模的差异，对于同一零件的加工方案是有所不同的，应根据具体条件，选择经济、合理的工艺方案。

知识点四 数控铣床夹具的选择和工件装夹

一、夹具的选择

数控加工对夹具主要有两大要求：一是夹具应具有足够的精度和刚度；二是夹具



机械加工常用夹具

应有可靠的定位基准。选用夹具时，通常考虑以下几点：

(1) 尽量选用可调整夹具、组合夹具及其他通用夹具，避免采用专用夹具，以缩短生产准备时间。

(2) 在成批生产时才考虑采用专用夹具，并力求结构简单。

(3) 装卸工件要迅速方便，以减少铣床的停机时间。

(4) 夹具在铣床上安装要准确、可靠，以保证工件在正确的位置上加工。

二、夹具的类型

数控铣床上的夹具一般安装在工作台上，其形式根据被加工工件的特点可多种多样，如通用台虎钳、数控分度转台等。

1. 通用夹具

可加工定位范围内不同工件的夹具称为通用夹具，如车床上的三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘；铣床上的平口虎钳、分度头和回转工作台等。它们有很大的通用性，无须调整或稍加调整就可以用于装夹不同的工件。这类夹具一般已标准化，由专业工厂生产，作为机床附件供应给用户。

常用的通用夹具具有螺钉压板、平口钳、分度头和三爪卡盘等。

学习提示

形状比较规则的零件铣削时常用平口钳装夹，其方便灵活，适用性广。当加工一般精度要求和夹紧力要求的零件时，常用机械式平口钳[见图3-3-8(a)]，靠丝杠/螺母相对运动来夹紧工件；当加工精度要求较高，需要较大的夹紧力的零件时，可采用较高精度的液压式平口钳，如图3-3-8(b)所示。当需要在数控铣床上加工回转体零件时，可以采用三爪卡盘装夹(见图3-3-9)；对于非回转零件，可采用四爪卡盘装夹。铣床用卡盘的使用方法跟车床用卡盘相似，使用T形槽螺栓将卡盘固定在工作台上即可。

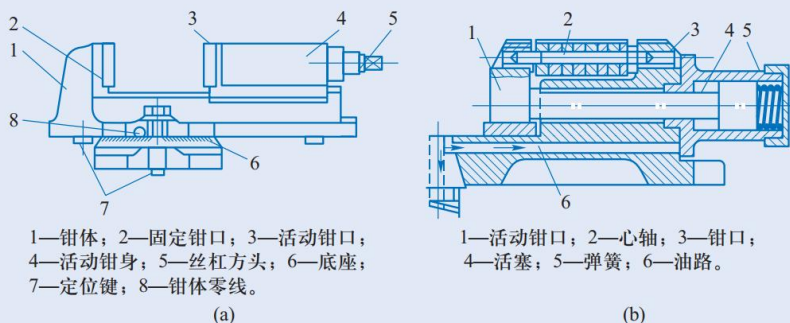


图 3-3-8 机用平口钳

(a) 机械式平口钳；(b) 液压式平口钳

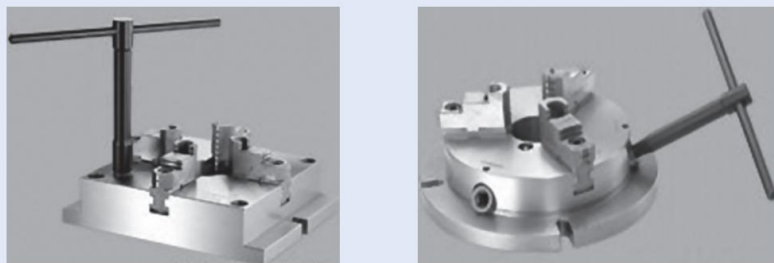


图 3-3-9 铣床用卡盘

2. 其他夹具

数控铣床夹具通常还有专用夹具、组合夹具以及气动或液压夹具，为了扩大数控铣床的工艺范围，还可以配置回转工作台。

知识点五 数控铣削常用刀具

一、面加工、轮廓加工刀具

1. 面铣刀

面铣刀的圆周表面和端面上都有切削刃，端部切削刃为副切削刃，常用于端铣较大的平面。面铣刀多制成套式镶齿结构，如图 3-3-10 所示，刀齿为高速钢或硬质合金，一般刀体材料为 40 Cr。



图 3-3-10 可转位面铣刀

高速钢面铣刀按国家标准规定，直径 d 为 50 ~ 80 mm，螺旋角 $\beta = 10^\circ$ ，刀齿数 z 为 8 ~ 26。硬质合金面铣刀与高速钢面铣刀相比，铣削速度较高，加工表面质量也较好，并可加工带有硬皮和淬硬层的工件，故得到广泛应用。硬质合金面铣刀按刀片和刀齿的安装方式不同，可分为整体式、机夹一焊接式和可转位式 3 种，如图 3-3-11 所示。

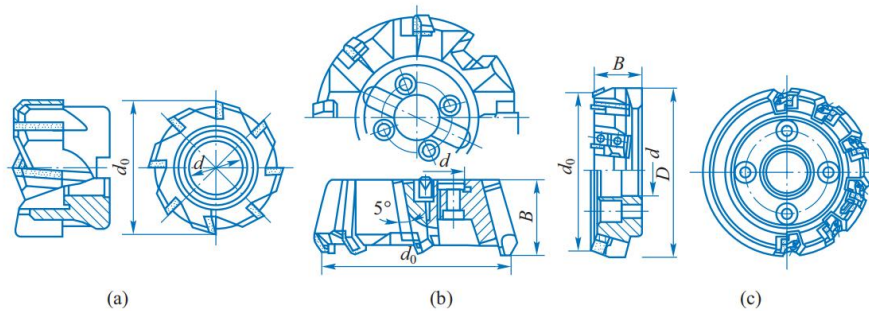


图 3-3-11 硬质合金面铣刀

(a) 整体式；(b) 机夹一焊接式；(c) 可转位式

2. 立铣刀

立铣刀是铣削加工中最常用的一种刀具，其结构如图 3-3-12 所示。立铣刀的圆柱表面和端面上都有切削刃，圆柱表面的切削刃为主切削刃，端面上的切削刃为副切削刃

刃。主切削刃一般为螺旋齿，这样可以增加切削平稳性，提高加工精度。由于普通立铣刀端面中心处无切削刃，所以立铣刀不能做轴向进给，其端面刃主要用来加工与侧面相垂直的底平面。

为了改善切屑卷曲情况，增大容屑空间，防止切屑堵塞，减少刀齿数，可增大容屑槽圆弧半径。一般粗齿立铣刀齿数 z 为 $3\sim 4$ ，细齿立铣刀齿数 z 为 $5\sim 8$ ，套式结构的立铣刀齿数 z 为 $10\sim 20$ ，容屑槽圆弧半径 r 为 $2\sim 5\text{ mm}$ 。当立铣刀直径较大时，还可制成不等齿距结构，以增强抗振作用，使切削过程平稳。

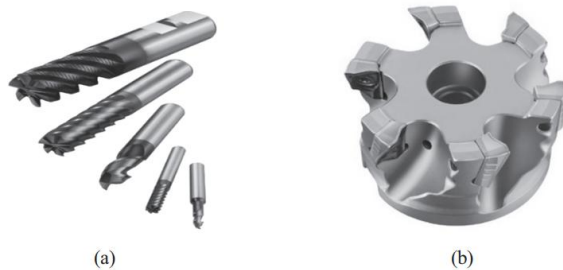


图 3-3-12 立铣刀

(a) 整体硬质合金立铣刀；(b) 可转位立铣刀

3. 模具铣刀

模具铣刀由立铣刀发展而成，适用于加工空间曲面，有时也用于平面类零件上有较大转接凹圆弧的过渡加工。模具铣刀可分为圆锥形立铣刀、圆柱形球头立铣刀和圆锥形球头立铣刀三种，其柄部有直柄、削平型直柄和莫氏锥柄三种。模具铣刀的结构特点是球头或端面上布满了切削刃，圆周刃与球头刃圆弧连接，可以做径向和轴向进给。模具铣刀工作部分用高速钢或硬质合金制造，如图 3-3-13 所示。国家标准规定直径 d 的范围为 $4\sim 63\text{ mm}$ 。



图 3-3-13 模具铣刀

(a) 整体硬质合金球头铣刀；(b) 可转位球头铣刀；(c) 可转位精加工球头铣刀

4. 键槽铣刀

键槽铣刀有两个刀齿，圆柱面和端面都有切削刃，端面刃延至中心，既像立铣刀，又像钻头。加工时先轴向进给达到槽深，然后沿键槽方向铣出键槽全长。

国家标准规定，直柄键槽铣刀直径 d 为 $2 \sim 22 \text{ mm}$ ，锥柄键槽铣刀直径 d 为 $14 \sim 50 \text{ mm}$ 。键槽铣刀的圆周切削刃仅在靠近端面的一小段长度内发生磨损，重磨时，只需刃磨端面切削刃，因此重磨后铣刀直径不变。

5. 鼓形铣刀

鼓形铣刀主要用于对变斜角类零件的变斜角面的近似加工。它的切削刃分布在半径为 R 的圆弧面上，端面无切削刃。加工时控制刀具的上下位置，相应改变刀刃的切削部位，可在工件上切出从负到正的不同斜角。 R 越小，加工的斜角范围越大，这种刀具刃磨困难，切削条件差，不适于加工有底的轮廓表面。

6. 成形铣刀

成形铣刀是为特定的加工内容专门设计制造的，如角度面、凹槽、特形孔等。

二、孔加工刀具

在数控铣床、加工中心上钻孔，大多采用普通麻花钻。麻花钻有整体式和机夹可转位式等结构，如图 3-3-14 所示。麻花钻的切削部分有两个主切削刃、两个副切削刃和一个横刃。两个螺旋槽是切屑流经的表面，为前刀面；与工件过渡表面（孔底）相对的端部两曲面为主后刀面；与工件已加工表面（孔壁）相对的两条刃带为副后刀面。前刀面与主后刀面的交线为主切削刃，前刀面与副后刀面的交线为副切削刃，两个主后刀面的交线为横刃。横刃与主切削刃在端面上投影之间的夹角称为横刃斜角，横刃斜角 ψ 为 $50^\circ \sim 55^\circ$ ；主切削刃上各点的前角、后角是变化的，外缘处前角约为 30° ，钻心处前角接近 0° ，甚至是负值；两条主切削刃在与其平行的平面内的投影之间的夹角为顶角，标准麻花钻的顶角 $2\phi = 118^\circ$ 。

根据柄部不同，麻花钻有莫氏锥柄和圆柱柄两种。直径为 $8 \sim 80 \text{ mm}$ 的麻花钻多为莫氏锥柄，可直接装在带有莫氏锥孔的刀柄内，刀具长度不能调节。直径为 $0.1 \sim 20 \text{ mm}$ 的麻花钻多为圆柱柄，可装在钻夹头刀柄上。在数控铣床、加工中心上钻孔，因无夹具钻模导向，受两切削刃上切削力不对称的影响，钻孔容易偏斜，故钻孔前一般先用中心钻打定位孔。



图 3-3-14 硬质合金麻花钻
(a) 整体硬质合金钻头; (b) 可转位浅孔钻头

思政小故事

女排精神

团结奋斗、顽强拼搏、勇攀高峰的女排精神，完美地诠释了以为国争光为核心的中华体育精神和更快、更高、更强——更团结的奥林匹克精神。



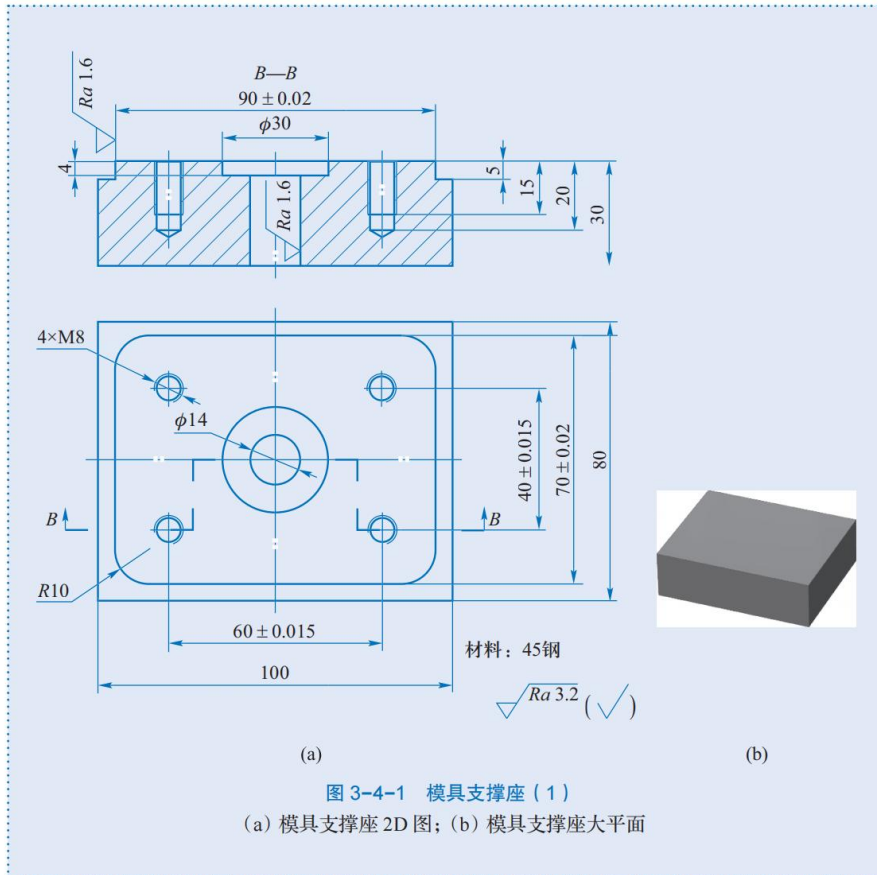
女排精神

任务四 程序编制

子任务一 零件大平面加工程序编制调试

任务描述

如图 3-4-1 所示的模具支撑座，毛坯尺寸为 $100\text{ mm} \times 80\text{ mm} \times 31\text{ mm}$ ，材料为 45 钢，根据工艺安排，先进行上表面的数控铣削加工，再完成零件大平面的铣削加工。



证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书(初级/中级)		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据加工工艺文件要求,运用数控程序手工编程方法,完成平面类零件的程序编写	
2	能正确选择加工刀具	
3	能根据零件图,运用公差配合与技术测量知识,使用相应量具完成尺寸精度的检测	

任务目标

知识目标

1. 掌握数控铣削编程常用基本代码的含义、格式及用法；
2. 掌握 G、M、F、S、T 功能的含义；
3. 掌握 G01、G00 指令的使用。

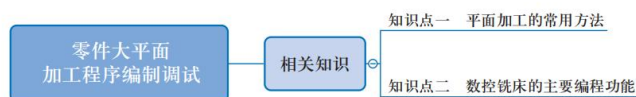
能力目标

1. 具备加工大平面刀具的选择能力；
2. 具备加工大平面路线确定的能力；
3. 具备基本指令的编程能力。

素质目标

1. 勤奋工作，爱岗敬业，热爱质量检测工作；
2. 科学检测、公平公正，检测依据真实可靠；
3. 严格按照检测标准、规范操作，检测结论规范；
4. 有良好的团结协作意识和组织能力，以及良好的沟通、表达能力。

学习导图



任务分析

任务书

合理选择刀具和夹具，完成模具支撑座零件大平面的数控铣削加工的程序编制。

获取信息

- 引导问题 1：根据零件图样分析刀具如何选择、夹具如何选择，以及装夹时的注意事项。

▲ 引导问题 2：采用哪种数控加工走刀路线？有什么优点？

工作计划

▲ 引导问题 3：根据加工零件，选择合适的机床设备和刀、量、夹具，并填写表 3-4-1。

表 3-4-1 模具支撑座零件大平面数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			
4			

▲ 引导问题 4：编写程序，填写表 3-4-2。

表 3-4-2 模具支撑座零件大平面数控加工程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

▲ 引导问题 5：模拟加工。模拟加工时如何进行毛坯大小与位置、刀具参数的设置？模拟加工部分的考核与评分表见表 3-4-3。

(1) 毛坯大小与位置: _____

(2) 刀具参数: _____

(3) 记录模拟加工过程中不符合要求的地方, 分析原因, 写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方: _____

原因: _____

预防措施: _____

表 3-4-3 数控铣床模拟加工部分的考核与评分表

序号	考核内容	分数	评分标准	考核记录	得分
1	软件基本操作	10	操作工具条、菜单, 建立新文件, 打开、保存文件, 选择机床规格, 设置工件参数, 工件测量等是否合理使用。错误使用酌情扣分		
2	机床操作面板	10	操作面板的各图标, 如回参考点, 坐标轴移动, 开、关主轴, 启动程序加工零件, 试运行程序, 单步运行等是否合理使用。错误使用酌情扣分		
3	数控系统操作	10	熟悉工具条和菜单各图标的含义, 操作面板手工输入 NC 程序、从计算机输入程序, 输入零件原点参数, 输入刀具补偿参数, 坐标显示等是否合理使用。错误使用酌情扣分		
4	程序编辑	20	编辑 NC 程序 (选择一个程序、删除一个程序、删除全部程序、搜索一个指定的代码), 手动数据输入等是否合理使用。错误使用酌情扣分		
5	零件数控模拟加工操作	50	编制工艺, 编制程序, 回零, 选择刀具, 对刀 (设置工件零点), 程序输入, 选择工件毛坯, 加工零件、测量工件等是否合理使用。错误使用酌情扣分		
6	合计	100	得分: 组长签字: _____ 年 月 日		

任务反思

根据模拟加工结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 3-4-4。

表 3-4-4 模具支撑座零件大平面数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：			年 月 日	

综合评价

模具支撑座零件大平面的数控加工综合评价表见表 3-4-5。

表 3-4-5 模具支撑座零件大平面的数控加工综合评价表

评价内容		分数	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5分			
	刀具与工艺	10分			
	编写程序	20分			
	模拟加工结果	15分			
	零件合格与否	10分			
3. 团队合作精神和参与度		10分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10分			
5. 任务反思		10分			
总分		100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字：_____		教师签字：_____			
_____ 年 月 日		_____ 年 月 日			
备注：					

相关知识

面加工是机械加工的基本环节，本子任务将系统地阐述平面加工的常用方法，并以双向横坐标平行法编写平面加工程序。通过对本子任务的学习，读者应具备面加工的基本能力。

知识点一 平面加工的常用方法

1. 双向横坐标平行法

该方法为刀具沿平行于横坐标的方向加工，并且可以变换方向，如图 3-4-2 (a) 所示。

2. 单向横坐标平行法

该方法为刀具仅沿平行于横坐标的一个方向加工，如图 3-4-2 (b) 所示。

3. 单向纵坐标平行法

该方法为刀具仅沿平行于纵坐标的一个方向加工，如图 3-4-2 (c) 所示。

4. 双向纵坐标平行法

该方法为刀具沿平行于纵坐标的方向加工，并且可以变换方向，如图 3-4-2 (d) 所示。

5. 内向环切法

该方法为刀具以矩形轨迹分别平行于纵坐标、横坐标方向由外向内加工，并且可以变换方向，如图 3-4-2 (e) 所示。

6. 外向环切法

该方法为刀具以矩形轨迹分别平行于纵坐标、横坐标方向由内向外加工，并且可以变换方向，如图 3-4-2 (f) 所示。

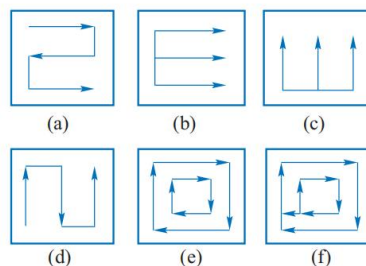


图 3-4-2 平面加工的常用方法

(a) 双向横坐标平行法；(b) 单向横坐标平行法；
(c) 单向纵坐标平行法；(d) 双向纵坐标平行法；
(e) 内向环切法；(f) 外向环切法

知识点二 数控铣床的主要编程功能

不同档次的数控铣床的编程功能有较大的差别，但都具备以下主要编程功能：直线与圆弧插补、孔与螺纹加工、刀具半径补偿、刀具长度补偿、固定循环、镜像、旋转和子程序编程等功能。可以根据需加工的零件的特征，选用相应的功能来实现零件的编程。

一、准备功能 G 指令

常用 G 指令及功能如表 3-4-6 所示（以 FANUC 0i Mate-MC 数控系统为例）。

表 3-4-6 常用 G 指令及功能

G 指令	组别	功能	G 指令	组别	功能
G00	01	快速定位	G55	14	选择第二工件坐标系
G01		直线插补 (进给速度)	G56		选择第三工件坐标系
G02		圆弧 / 螺旋线插补 (顺圆)	G57		选择第四工件坐标系
G03		圆弧 / 螺旋线插补 (逆圆)	G58		选择第五工件坐标系
G04	暂停	G59	选择第六工件坐标系		
G10	00	可编程数据输入	G65		00
G11	17	可编程数据输入方式取消	G66	12	宏程序模态调用
G15		极坐标指令取消	G67		宏程序模态调用取消
G16		极坐标指令	G68	16	坐标旋转
G17	选择 XY 平面	G69	坐标旋转撤销		
G18	选择 ZY 平面	G73	深孔钻削循环		
G19	选择 YZ 平面	G74	左旋攻丝循环		
G20	06	用英制尺寸输入	G76	09	精镗循环
G21		用公制尺寸输入	G80		撤销固定循环
G28	00	返回参考点	G81		钻孔循环
G29		从参考位置自动返回	G82		钻孔循环、镗阶梯孔循环
G30		返回第二参考点	G83		深孔钻削循环
G31		跳步功能	G84		攻丝循环
G40	07	刀具半径补偿撤销	G85		镗孔循环
G41		刀具半径左偏补偿	G86		镗孔循环
G42		刀具半径右偏补偿	G87		反镗循环
G43	08	刀具长度正补偿	G88		镗孔循环
G44		刀具长度负补偿	G89	镗孔循环	
G49		刀具长度补偿撤销	G90	绝对值编程	
G50	11	比例缩放撤销	G91	03	增量值编程
G51		比例缩放	G92	00	设定工件坐标系
G50.1	22	可编程镜像取消	G94	05	每分钟进给
G51.1		可编程镜像	G95		每转进给
G52	00	局部坐标系设定	G96	13	恒线速度控制
G53		选择机床坐标系	G97		恒线速度控制取消
G54	14	选择第一工件坐标系	G98	10	在固定循环中, Z 轴返回到起始点
G54.1		选择附加工件坐标系	G99		在固定循环中, Z 轴返回 R 平面

注: 1. G 指令分为两类: 一类 G 指令仅在被指定的程序段中有效, 称为非模态 G 指令, 例如 G04 等; 另一类 G 指令称为模态指令, 一经指定, 一直有效, 直到被同组的模态 G 指令取代, 如 G00、G01 等。

2. 对于同一组的 G 指令, 在一个程序段中, 只能有一个被指定; 如果同组的几个 G 指令同时出现在一个程序段中, 那么最后输入的那个 G 指令有效。

3. 在固定循环中, 当遇有 01 组的 G 指令时, 固定循环将被自动撤销, 相反, 01 组的 G 指令却不受固定循环影响。

二、辅助功能 M 指令

辅助功能也称为 M 功能，由地址字“M”及其后两位数字组成，共有 100 个 (M00 ~ M99)。

学习提示

辅助功能 M 指令主要用于控制铣床及其辅助装置的通断，常用的 M 指令同数控车床基本一致，其中 M06 换刀指令用于具有自动换刀装置的机床。

小提示



M 指令

三、F、S、T 功能

1. F 功能

F 功能用于控制刀具移动时的进给速度。F 后面所接数值代表每分钟刀具进给量 (mm/min)，它为续效代码。

2. S 功能

S 功能用于控制主轴转速 (r/min)。S 后面接 1 ~ 4 位数字。

3. T 功能

T 功能只能用于加工中心。T 后面接两位数字。

多数加工中心都规定了“换刀点”位置，即定距换刀，主轴只有走到这个位置，机械手才能执行换刀动作。一般立式加工中心规定换刀点的位置在机床 Z 轴零点处，当控制机接到选刀 T 指令后，自动选刀，被选中的刀具处于刀库最下方；接到换刀指令 M06 后，机械手执行换刀动作。因此换刀程序可采用两种方法设计。

(1) 方法一:

```
N010 G00 Z0 T02;  
N011 M06;
```

返回 Z 轴换刀点的同时, 刀库将 T02 号刀具选出, 然后进行刀具交换, 换到主轴上的刀具为 T02 号刀具。若 Z 轴回零时间小于 T 功能执行时间(选刀时间), 则刀库将 T02 号刀具转到最下方位置后, M06 指令才能执行。因此这种方法占用机动时间较长。

(2) 方法二:

```
N010 G01 Z...T02;  
.....  
N017 G00 Z0 M06;  
N018 G01 Z...T03;  
.....
```

N017 程序段换上 N010 程序段选出的 T02 号刀具, 在换刀后, 紧接着选出下次要用的 T03 号刀具。在 N010 程序段和 N018 程序段执行选刀时, 不占用机动时间, 所以这种方法较好。

四、常用指令

1. 绝对尺寸指令 (G90) 和增量尺寸指令 (G91)

(1) G90——所有运动轨迹坐标点的坐标值都从某一固定的坐标原点计量。

(2) G91——从运动轨迹的终点坐标相对于该段轨迹的起点坐标计量。

(3) 注意事项。

①在同一个程序中, G90 与 G91 既可单独使用, 也可混合使用, 以不用加减计算即可得到坐标值的原则来选用;

②在同一条程序段中, G90 与 G91 只能使用一种, 不能混用;

③如果加工精度要求比较高, 就选用 G90, 因为使用 G91 会产生累积误差。

2. 快速定位指令 (G00)

(1) 功能。该指令控制刀具从当前所在位置快速移动到指令给出的目标点位置, 只能用于快速定位, 不能用于切削加工。

(2) 编程格式。

```
G00 X__Y__Z__ ;
```

其中，X、Y、Z 为目标点坐标。

(3) 注意事项。

① 当 Z 轴按指令远离工作台时，Z 轴先运动，X、Y 轴再运动。当 Z 轴按指令接近工作台时，X、Y 轴先运动，Z 轴再运动。

② 不运动的坐标轴可以省略，省略的坐标轴不做任何运动。

③ 目标点的坐标值可以用绝对值，也可以用增量值。

④ G00 功能起作用时，其移动速度为系统设定的最高速度。

3. 直线插补指令 (G01)

(1) 功能。该指令控制刀具以给定的进给速度从当前位置沿直线移动到指令给出的目标位置。

(2) 编程格式。

G01 X__Y__Z__F__；

其中，X、Y、Z 为目标点坐标；F 为进给速度。

例 3-1 编制如图 3-4-3 所示 A 到 B 的程序，假设刀具已在 A 点。

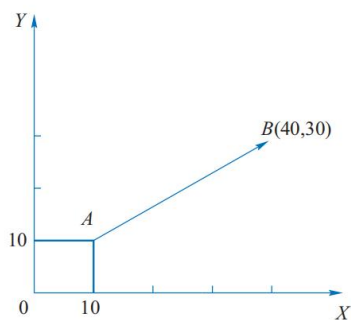


图 3-4-3 例 3-1 图

解 绝对值方式编程：

```
G90 G01 X40.Y30.F300;
```

增量值方式编程：

```
G91 G01 X30.Y20.F300;
```

思政小故事

港珠澳大桥

港珠澳大桥为中国从桥梁大国走向桥梁强国的里程碑之作，更体现了中国综合国力的提升和坚持自主创新能力的中国智慧。



港珠澳大桥

巩固知识

问题小贴士：

一、选择题

1. G17、G18、G19 指令可用来选择 () 的平面。
A. 曲线插补 B. 直线插补
C. 刀具半径补偿 D. 椭圆插补
2. 用于指令动作方式的准备功能的指令代码是 ()。
A. F 代码 B. G 代码 C. T 代码 D. M 代码
3. 辅助功能中表示无条件程序暂停的指令是 ()。
A. M00 B. M01 C. M02 D. M30
4. G00 的指令移动速度值是 ()。
A. 机床参数指定 B. 数控程序指定
C. 操作面板指定 D. 操作者指定
5. 主轴转速 n (r/min) 与切削速度 v (m/min) 的关系表达式是 ()。
A. $n=\pi v D/1\ 000$ B. $n=1\ 000\pi v D$
C. $v=\pi n D/1\ 000$ D. $v=1\ 000\pi n D$

问题小贴士:

6. ISO 标准规定增量尺寸方式的指令为 ()。
- A. G90 B. G91 C. G92 D. G93
7. G01 为_____指令, 其格式为_____。()
- A. 快速定位 G01 X_Y_Z_F_
- B. 直线插补 G01 X_Y_Z_F_
- C. 直线插补 G01 α _ β _ γ _F_
- D. 曲线插补 G01 α _ β _ γ _F_
8. 进行数控编程时应首先设定 ()。
- A. 机床原点 B. 固定参考点
- C. 机床坐标系 D. 工件坐标系
9. 数控铣床默认进给功能 F 的单位是 ()。
- A. 每分钟的进给量 (mm/min)
- B. 每秒钟的进给量 (mm/s)
- C. 每转的进给量 (mm/r)
- D. 螺纹螺距 (mm)
10. 数控系统常用的两种插补功能是 ()。
- A. 直线插补和圆弧插补 B. 直线插补和抛物线插补
- C. 圆弧插补和抛物线插补 D. 螺旋线插补和抛物线插补
11. 用 G17 进行圆弧插补编程时应采用 () 方式。
- A. I、J B. I、K C. J、K D. I、J、K
12. 下列代码与 M01 功能相同的是 ()。
- A. M00 B. M02 C. M30 D. M03
13. 对于箱体类零件, 其加工顺序一般为 ()。
- A. 先孔后面, 基准面先行 B. 先孔后面, 基准面后行
- C. 先面后孔, 基准面先行 D. 先面后孔, 基准面后行

二、判断题

1. 数控铣床以 G 指令作为数控语言。 () _____
2. 移动指令和平面选择指令无关。 () _____
3. 为保证工件轮廓表面粗糙度, 最终轮廓应在一次走刀中连续加工出来。 () _____
4. G04 X3.0 表示暂停 3 ms。 () _____

问题小贴士:

- 5. 指令 M02 为程序结束，同时使程序还原。 ()
- 6. 制作 NC 程序时，G90 与 G91 不宜在同一程序段内。 ()
- 7. G00 和 G01 的运行轨迹一样，只是速度不一样。 ()

三、填空题

- 1. 一个完整的零件程序由若干程序段组成，每个程序段由若干个指令字组成。指令字表示一个信息单元，每个指令字又由_____组成。
- 2. 下列功能字的意义为：N_____，G_____，F_____，S_____，T_____，M_____。
- 3. G17 指令指定_____面，G18 指令指定_____面，G19 指令指定_____面。

子任务二 零件轮廓加工程序编制调试

任务描述

模具支撑座(见图 3-4-1)毛坯经粗加工和面铣之后，应保证长 100 mm，宽 80 mm，高 30 mm，其轮廓由外轮廓 90 mm×70 mm×5 mm 和内轮廓 $\phi 30$ mm 深 4 mm 组成。根据零件图样分析，先后完成外轮廓和内轮廓的加工。选择切入、切出点，以及精确地加工出零件的形体是本次任务的重点。

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书(初级/中级)		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据零件图、机械加工工艺文件及编程手册，完成轮廓类零件数控加工程序的编写	
2	能根据数控铣床操作手册和机械加工工艺文件要求，使用对刀工具，完成数控铣床的对刀，并完成零件的加工	
3	能根据安全文明生产制度，做到着装整洁、规范，正确使用安全防护用品，符合安全文明生产要求	

任务目标

知识目标

1. 掌握轮廓铣削常用编程指令；
2. 掌握刀具半径补偿及其编程方法；
3. 了解轮廓分层切削的加工方法；
4. 理解轮廓铣削加工用刀具的知识。

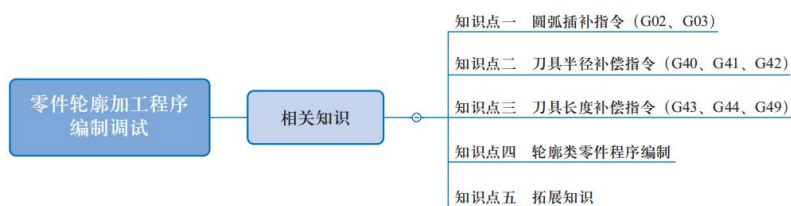
能力目标

1. 能正确采用刀具半径补偿方式编写数控铣加工程序；
2. 合理选择数控铣床刀具及相应的切削用量；
3. 能分析加工工件表面粗糙度及其影响因素；
4. 会设定刀具半径补偿参数的方法；
5. 会运用子程序编写数控铣加工程序。

素质目标

1. 具有正确的世界观、人生观、价值观，具有社会责任感和参与意识；
2. 严格执行相关标准、工作程序与规范、工艺文件和安全操作规程，做到安全文明生产；
3. 具有较强的集体意识和团队合作精神，能够进行有效的人际沟通和协作。

学习导图



④ 任务分析

任务书

合理选择刀具和夹具，完成模具支撑座的外轮廓 $90\text{ mm} \times 70\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 和内轮廓 $\phi 30\text{ mm}$ 深 4 mm 的加工。

获取信息

▲ 引导问题 1：此零件轮廓加工时，零件的形体内、外轮廓的加工顺序如何确定？切入、切出点如何设置？

工作计划

▲ 引导问题 2：根据加工零件，选择合适的机床设备和刀、量、夹具，并说明选择原因，根据选择完成表 3-4-7。

表 3-4-7 模具支撑座零件轮廓数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			
4			

▲ 引导问题 3：分组讨论该零件的定位基准，合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 4：粗、精加工对转速及进给速度各有什么要求？为什么？

▲ 引导问题 5：编写外轮廓数控加工程序，填写表 3-4-8。

原因: _____

预防措施: _____

加工实施

▲ 引导问题 8: 粗加工后铣削如何保证尺寸?

小提示

加工前准备如下:

1. 毛坯选择

毛坯经粗加工和面铣之后, 应保证长 100 mm, 宽 80 mm, 高 30 mm。

2. 刀具选择

根据图样分析选用直径为 20 mm 的平铣刀 (T02), 设定刀具半径补偿值为 10 (D02) 和刀具长度补偿值。

3. 夹具选择

选用平口虎钳装夹工件, 伸出钳口 6 ~ 8 mm。

4. 选择编程零点

工件坐标系零点选择在工件上表面的中心处。

质量检测

按表 3-4-10 对零件进行检测, 并将结果填入。

表 3-4-10 模具支撑座零件轮廓数控加工自检表

零件名称	模具支撑座零件轮廓			允许读数误差				±_mm	老师评价
	序号	项目	尺寸要求	使用的 量具	测量结果				
No.1					No.2	No.3	平均值		
1	外轮廓							合 否	合 否
2	内轮廓							合 否	合 否
结论 (对上述测量尺寸进行评价)			合格品 次品 废品						
处理意见									

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 3-4-11。

表 3-4-11 模具支撑座零件轮廓数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

模具支撑座零件轮廓数控加工综合评价表见表 3-4-12。

表 3-4-12 模具支撑座零件轮廓数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5分			
	刀具与工艺	10分			
	编写程序	10分			
	机床操作	15分			
	零件合格与否	20分			
3. 团队合作精神和参与度		10分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10分			
5. 任务反思		10分			
总分		100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字：		教师签字：			
		年 月 日		年 月 日	
备注：					

相关知识

外形加工是数控加工的难点，如何选择切入、切出点？如何精确地加工出零件的形体，并使用刀具半径补偿功能精确加工二维外形？对于径向或轴向余量较大的零件加工，为了简化程序，常用编制和调用子程序来解决，本子任务也对此做了介绍。通过对本子任务学习，读者应具备二维外形加工的基本能力。

知识点一 圆弧插补指令（G02、G03）

一、功能

该指令控制刀具在指定坐标平面内以给定的进给速度从当前位置（圆弧起点）沿圆弧移动到指令给出的目标位置（圆弧终点）。G02 为顺时针圆弧插补指令，G03 为逆时针圆弧插补指令。

二、指令格式

在 XOY 平面上的圆弧：

$$G17 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} X_Y_ \begin{cases} I_J_ \\ R_ \end{cases} F_;$$

在 XOZ 平面上的圆弧：

$$G18 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} X_Z_ \begin{cases} I_K_ \\ R_ \end{cases} F_;$$

在 YOZ 平面上的圆弧：

$$G19 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} Y_Z_ \begin{cases} J_K_ \\ R_ \end{cases} F_;$$

三、说明

(1) 圆弧插补的方向。在直角坐标系中，当从 Z 轴（ Y 轴或 X 轴）的正轴向负向看平面时，决定 XY 平面（ XZ 平面或 YZ 平面）的圆弧是顺时针（G02）还是逆时针（G03），如图 3-4-4 所示。

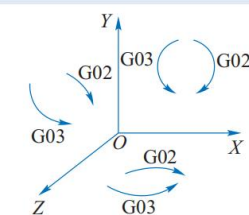


图 3-4-4 圆弧插补方向判别

(2) X__Y__Z__为圆弧终点坐标值。

(3) 当一单节中同时出现 I、J 和 R 时，以 R 为优先（有效），I、J 无效；当 I、J、K 都为 0 时，可省略不写。

(4) I、J、K 表示圆弧圆心的坐标，它是圆心相对起点在 X、Y、Z 轴方向上的增量值，也可以理解为圆弧起点到圆心的矢量（矢量方向指向圆心）在 X、Y、Z 轴上的投影，与前面定义的 G90 或 G91 无关。

(5) R 是圆弧半径，当圆弧起点到终点所移动的角度小于 180° 时，半径 R 用正值表示；所移动的角度超过 180° 时，半径 R 用负值表示；所移动的角度正好为 180° 时，半径 R 用正、负值均可。

(6) 整圆编程时不可以使用 R，应使用 I、J、K 形式。

(7) 省略 X、Y、Z 终点坐标指令时，表示起点和终点为同一点，即切削全圆，若用半径法，则刀具无运动产生。

(8) 当终点坐标与指定的半径值非交于同一点时，会显示警示信息。

(9) 直线切削后面接圆弧切削，其 G 指令必须转换为 G02 或 G03，若再行直线切削，则必须再转换为 G01 指令，这些是很容易被疏忽的。

(10) 使用切削指令（G01、G02、G03）须先指令主轴转动，且须指令进给速率 F。

(11) 一般数控铣床或加工中心开机后，即设定为 G17（XY 平面），故在 XY 平面上铣削圆弧，可省略 G17 指令。

例 3-2 如图 3-4-5 所示，圆弧程序的编写见二维码。



图 3-4-5 加工程序

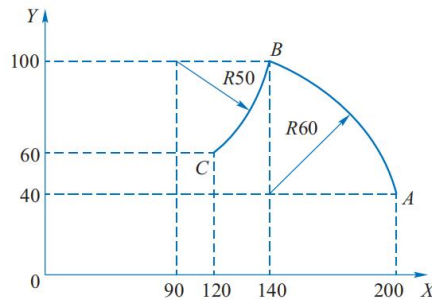


图 3-4-5 例 3-2 图



图 3-4-6 加工程序

例 3-3 如图 3-4-6 所示，起点在 A 点，圆弧 a、b 的程序编写见二维码。

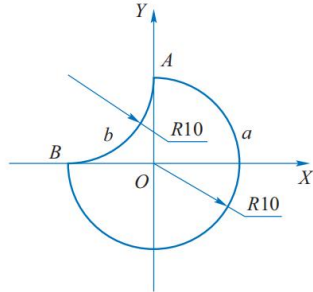


图 3-4-6 例 3-3 图

例 3-4 如图 3-4-7 所示，起点在 A 点，整圆程序的编写见二维码。

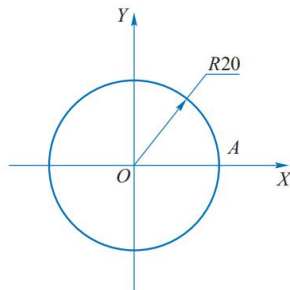


图 3-4-7 例 3-4 图



图 3-4-7 加工程序

例 3-5 现以图 3-4-8 为例，说明 G01、G02、G03 指令的用法。假设刀具由程序原点向上沿轮廓铣削。

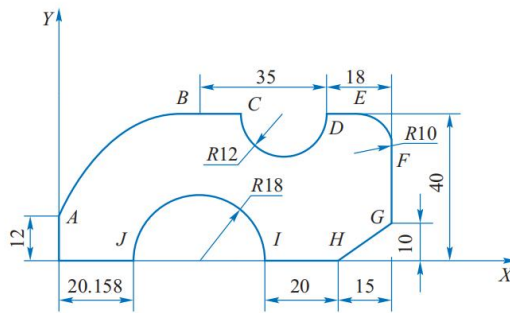


图 3-4-8 例 3-5 图

解 程序如下：

```

.....
G90 G01 Y12.F80;           (程序原点→A)
G02 X38.158 Y40.I38.158 J -12.; (A→B)
G91 G01 X11.;             (B→C)
G03 X24.R12.;            (C→D)
G01 X8.;                 (D→E)
G02 X10.Y -10.R10.;      (E→F)
G01 G90 Y10.;           (F→G)
G91 X -15.Y -10.;       (G→H)
X -20.;                 (H→I)
G90 G03 X20.158 R18.;    (I→J)
G01 X0.;                 (J→程序原点)
.....
    
```

知识点二 刀具半径补偿指令 (G40、G41、G42)

在进行零件轮廓铣削加工时，由于刀具半径尺寸影响，刀具的中心轨迹与零件轮廓往往不一致。为了避免计算刀具中心轨迹，直接按零件图样上的轮廓尺寸编程，数控系统提供了刀具半径补偿功能。

二维刀具半径补偿仅在指定的二维进给平面内进行，进给平面由 G17、G18 和 G19 指定，刀具半径或刀刃半径值则通过调用相应的刀具半径偏置存储器号码（用 D 指定）来取得。

一、编程格式

$$G01/G00 \left. \begin{array}{l} G41 \\ G42 \end{array} \right\} X_Y_D\text{xx};$$

.....

$$G01/G00 G40 X_Y_;$$

其中：G41——刀具半径左偏补偿；

G42——刀具半径右偏补偿；

G40——刀具半径补偿撤销；

X、Y——建立或取消刀具半径补偿程序段的终点坐标值；

Dxx——刀具偏置代号地址字，后面一般为两位数字的代号。

二、刀具半径补偿的目的

在数控铣床上进行轮廓的铣削加工时,由于刀具半径的存在,刀具中心(刀心)轨迹和零件轮廓不重合,如果数控系统不具备刀具半径自动补偿功能,则只能按刀心轨迹进行编程,即在编程时给出刀具中心运动轨迹。如图 3-4-9 中所示的点划线轨迹,其计算相当复杂,尤其当刀具磨损、重磨或换新刀使刀具直径变化时,必须重新计算刀心轨迹,修改程序,这样既烦琐,又不易保证加工精度。当数控系统具备刀具半径补偿功能时,只需按零件轮廓进行编程,如图 3-4-9 中所示的粗实线轨迹,数控系统会自动计算刀心轨迹,使刀具偏离零件轮廓一个半径值,即进行刀具半径补偿。

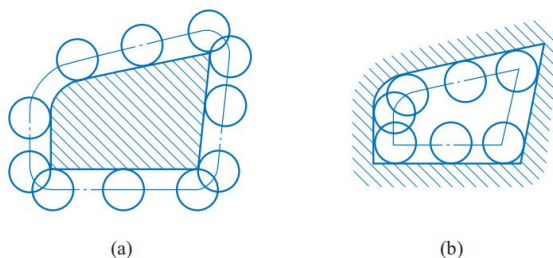


图 3-4-9 刀具半径补偿
(a) 外轮廓加工; (b) 内轮廓加工

三、刀具半径补偿功能的应用

1. 刀具因磨损、重磨、换新刀而引起刀具直径改变

刀具因磨损、重磨、换新刀而引起刀具直径改变后,不必修改程序,只需在刀具参数设置中输入变化后的刀具直径。如图 3-4-10 所示,1 为未磨损刀具,2 为磨损后刀具,两者直径不同,只需将刀具参数表中的刀具半径 r_1 改为 r_2 ,即可调用同一程序。



刀具半径补偿的应用微课

2. 同一程序、同一尺寸的刀具,利用刀具半径补偿

同一程序、同一尺寸的刀具,利用刀具半径补偿,可进行粗、精加工。如图 3-4-11 所示,刀具半径为 r ,精加工余量为 A ,粗加工时,刀具半径补偿为 $r+A$,则加工出点划线轮廓;精加工时,用同一程序、同一刀具,刀具半径补偿为 r ,则加工出实线轮廓。

四、判断刀具半径左、右补偿的方法

假设工件不动,沿着刀具的运动方向向前看,刀具偏置于工件左侧的刀具半径补偿,称为刀具半径左补偿,如图 3-4-12 (a) 所示;假设工件不动,沿着刀具的运动方向向前

看，刀具偏置于工件右侧的刀具半径补偿，称为刀具半径右补偿，如图 3-4-12 (b) 所示。

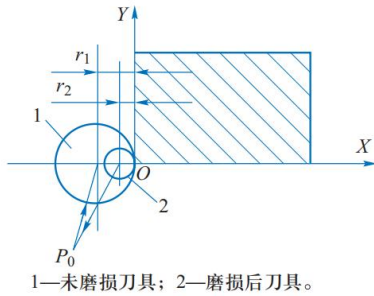


图 3-4-10 刀具半径补偿示例

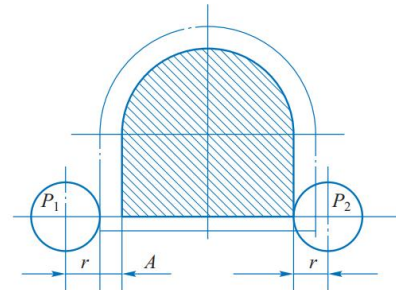


图 3-4-11 利用刀具半径补偿进行粗、精加工
 P_1 —粗加工刀心位置； P_2 —精加工刀心位置。

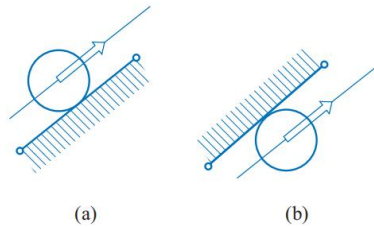


图 3-4-12 刀具半径左补偿与右补偿
 (a) 刀具半径左补偿；(b) 刀具半径右补偿

五、刀具半径补偿的过程

刀具半径补偿过程的运动轨迹分为三个组成部分：

- (1) 刀具半径补偿建立。数控系统启动后，处于补偿撤销状态。刀具由起刀点（位于零件轮廓及零件毛坯之外，距离加工零件轮廓切入点较近）以进给速度接近工件，刀具半径补偿偏置方向由 G41（左补偿）或 G42（右补偿）指令确定。
- (2) 刀具半径补偿使用。
- (3) 刀具半径补偿取消。刀具离开工件，回到退刀点，取消刀具半径补偿。与建立刀具半径补偿过程类似，退刀点也应位于零件轮廓之外。退刀点距离加工零件轮廓较近，可与起刀点相同，也可以不相同。

六、使用刀具半径补偿的注意事项

- (1) G41、G42、G40 不能和 G02、G03 一起使用，只能与 G00 和 G01 一起使用，

且刀具必须要移动。

(2) 在程序中用 G42 指令建立右刀补, 铣削时对于工件将产生逆铣效果, 故常用于粗铣; 用 G41 指令建立左刀补, 铣削时对于工件将产生顺铣效果, 故常用于精铣。

(3) 建立刀具半径补偿后, 不能出现连续两个程序段无选择补偿坐标平面的移动指令, 否则数控系统因无法计算程序中刀具轨迹的交点坐标, 可能产生过切现象。

(4) 在补偿状态下, 铣刀的直线移动量及铣削内侧圆弧的半径值要大于或等于刀具半径, 否则补偿时会产生干涉, 系统在执行程序段时将会产生报警信号, 停止执行。

例 3-6 运用刀具半径补偿功能, 编制如图 3-4-13 所示零件的加工程序。要求建立如图所示的工件坐标系, 并按所指示的路径进行加工。设加工开始时刀具距离工件上表面 50 mm, 切削深度为 2 mm。

解 加工程序见二维码。

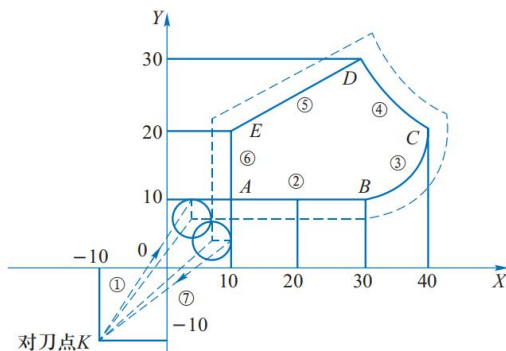


图 3-4-13 例 3-6 图



图 3-4-13 加工程序



刀具长度补偿的应用微课

知识点三 刀具长度补偿指令 (G43、G44、G49)

一、刀具长度补偿指令意义

数控铣床或加工中心所使用的刀具中的每把刀的长度都不相同, 同时, 刀具的磨损或其他因素会引起刀具长度发生变化。使用刀具长度补偿指令, 可使每一把刀具加工出来的深度尺寸都正确。

二、编程格式

刀具长度正补偿: G01 G43 H_ Z_ ;

刀具长度负补偿: G01 G44 H__Z__ ;

刀具长度补偿取消: G01 G49 Z__ ;

其中:

(1) Z 的值是指令将要定位至 Z 轴的坐标位置;

(2) H 是刀具长度补偿代号地址字 (数控系统的内存地址), 后跟两位数字。

注意: 使用 G43 或 G44 指令刀具长度时, 只能有 Z 轴的移动量 (而且必须有 Z 轴方向移动才能补偿), 若有其他轴向的移动, 则会出现警示画面。

刀具长度补偿在发生作用前, 必须先进行刀具参数的设置。设置的方法有机内试切法、机内对刀法、机外对刀法和编程法。有的数控系统补偿的是刀具的实际长度与标准刀具的差, 如图 3-4-14 (a) 所示。有的数控系统补偿的是刀具相对于参考点的长度, 如图 3-4-14 (b)、(c) 所示, 其中图 3-4-14 (c) 是圆弧刀的情况。

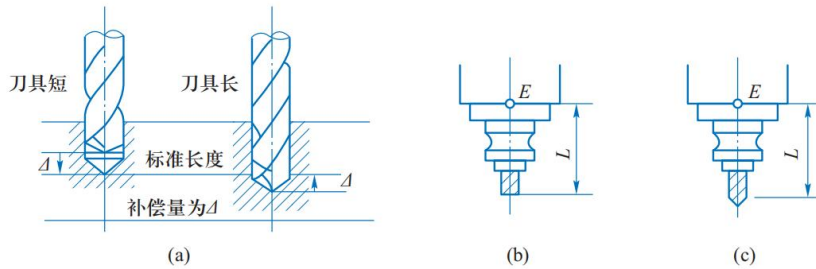


图 3-4-14 刀具长度补偿

例 3-7 以钻孔为例, 使用 G43/G44 指令时, 刀具实际位置与编程位置的情况如图 3-4-15 所示。加工程序见二维码。



图 3-4-15 加工程序

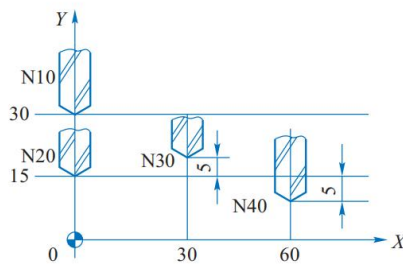


图 3-4-15 例 3-7 图

知识点四 轮廓类零件程序编制

在手工编程中经常会遇到内、外轮廓零件的加工，对于这类零件，在进行工艺安排时要注意走刀路线的安排，尤其在加工内轮廓时，特别要注意刀补路线的安排，以免造成过切。

例 3-8 如图 3-4-16 所示，分析工艺并编写出精加工程序。

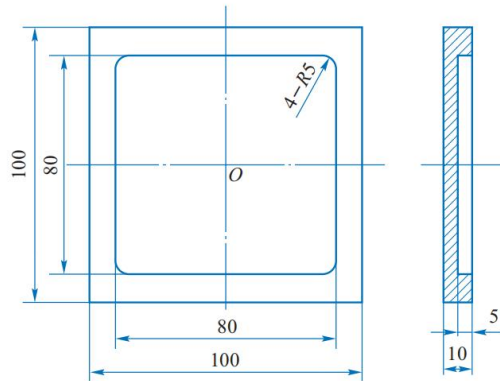


图 3-4-16 例 3-8 图



图 3-4-16 加工程序

解 (1) 以 O 点为编程原点，内腔节点计算如图 3-4-17 所示。

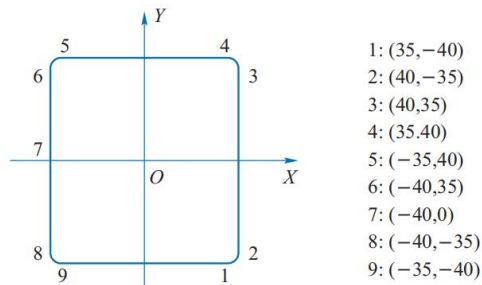


图 3-4-17 内腔节点计算

(2) 可先精加工 100×100 的外轮廓，再加工内腔。编程时要注意刀具半径补偿的路线安排，如图 3-4-18 所示。

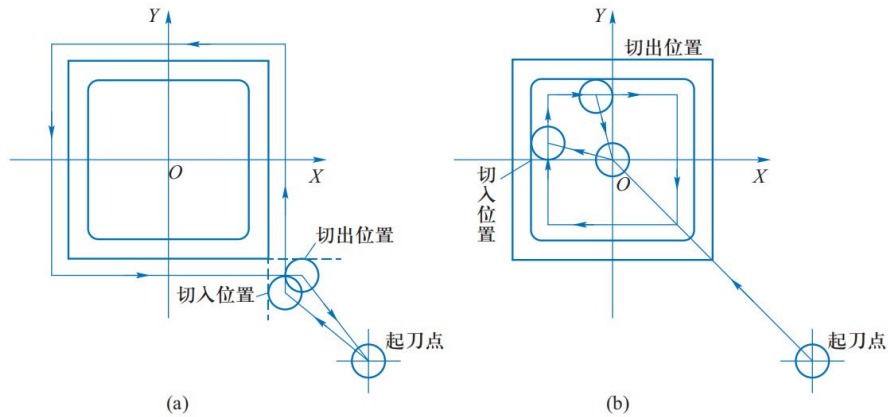


图 3-4-18 刀具加工路线安排

(a) 外轮廓加工路线; (b) 内腔加工路线

(3) 在图 3-4-16 中, 最小内凹圆弧为 $R5$, 可选用 $\phi 10$ 的立铣刀 (也可根据实际加工场地条件选用小于 $\phi 10$ 的立铣刀), 并且根据刀具的大小与机床的自身情况, 可选用转速 $1\ 200\ \text{r/min}$ 。

加工程序见二维码。

知识点五 拓展知识

一、调用子程序

格式 1: $M98\ P_L_;$

.....

$M99;$

格式 2: $M98\ Pxxxxxxx;$

.....

$M99;$

格式 1 中, P 为被调用的子程序号; L 为重复调用的次数, 调用一次可以省略。

格式 2 中, P 后数字中的后 4 位为被调用的子程序号; 前 4 位为重复调用的次数。

例如: $M98\ P100\ L4$ 表示调用名为 $O100$ 的子程序, 执行 4 次; $M98\ P100$ 表示调用名为 $O100$ 的子程序, 执行一次。

例 3-9 如图 3-4-19 所示, 用直径 $10\ \text{mm}$ 的铣刀, 铣削 $60\ \text{mm} \times 50\ \text{mm} \times 10\ \text{mm}$ 的长方体。加工程序见二维码。

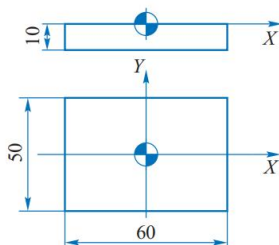


图 3-4-19 例 3-9 图



图 3-4-19 加工程序

二、镜像功能

当工件具有相对于某一轴对称的形状时，可以利用镜像功能和子程序的方法，只对工件的一部分进行编程，就能加工出工件的整体，这就是镜像功能。不同的系统用不同的指令，有用 M 指令的，有用 G 指令的。

1. M 指令的镜像功能

M21——相对于 X 轴的镜像；

M22——相对于 Y 轴的镜像；

M23——取消镜像。

例 3-10 M 指令的镜像功能的使用实例，如图 3-4-20 所示，请编写加工程序。

解 加工程序见二维码。

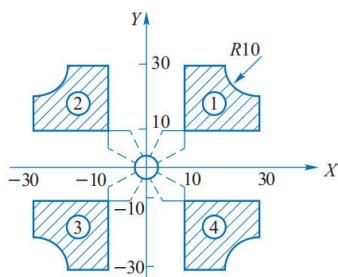


图 3-4-20 例 3-10 图



图 3-4-20 加工程序

2. G 指令的镜像功能

G51.1——镜像指令；

G50.1——取消镜像。

关于 Y 轴对称加工：G51.1 X0；

关于 X 轴对称加工：G51.1 Y0；

关于原点对称加工：G51.1 X0 Y0。

例 3-11 G 指令的镜像功能的使用实例，如图 3-4-21 所示，请编写加工程序。

解 加工程序见二维码。



图 3-4-21 加工程序

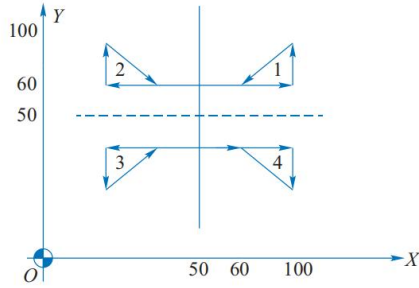


图 3-4-21 例 3-11 图

三、极坐标功能

极坐标指令的编程格式如下：

G17/G18/G19 G90/G91 G16 X__Y__；

G15；

其中：X——半径；

Y——角度，逆时针为正。

极坐标的 G90 方式和 G91 方式如图 3-4-22 所示。

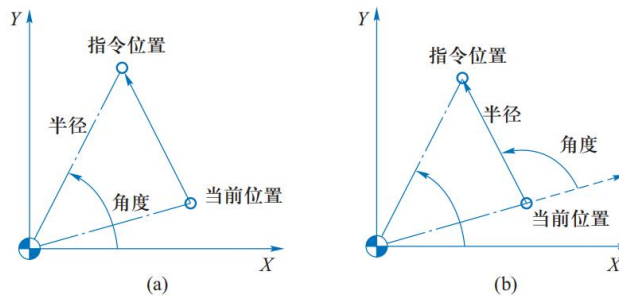


图 3-4-22 极坐标方式

(a) 极坐标绝对值方式；(b) 极坐标增量值方式

例 3-12 铰孔，深度 30 cm，如图 3-4-23 所示，请编写加工程序。

解 加工程序见二维码。

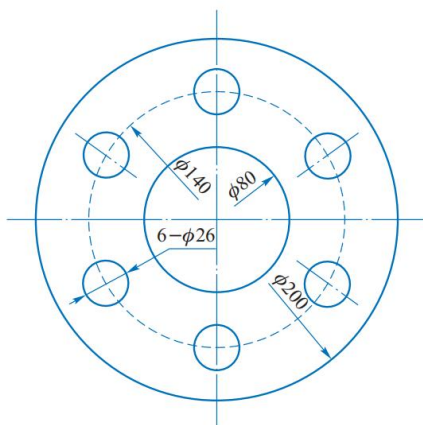


图 3-4-23 加工程序

图 3-4-23 例 3-12 图

四、比例缩放与坐标旋转功能

1. 图形比例指令——G50、G51

这一对 G 代码的使用，可使原编程尺寸按指定比例缩小或放大，也可让图形按指定规律产生镜像变换。

G51 为比例缩放指令，G50 为比例缩放撤销指令，G50、G51 均为模态 G 代码。

各轴按相同比例编程，编程格式如下：

```
G51 X_Y_Z_P_;
```

.....

```
G50;
```

其中：X、Y、Z——比例中心的坐标（绝对值方式）；

P——比例系数，最小输入量为 0.001，比例系数的范围为 0.001 ~ 999.999。该指令以后的移动指令，从比例中心点开始，实际移动量为原数值的 P 倍。P 值对偏移量无影响。

例 3-13 如图 3-4-24 所示，绕坐标点（15，15）将图形放大一倍进行加工，其数控加工程序见二维码。

2. 坐标旋转功能——G68、G69

使用坐标旋转功能可将编程形状旋转某一角度。另外，如果工件的形状由许多相同的图形组成，则可将图形单元编成子程序，然后利用主程序的旋转指令调用。这样可以简化编程，省时、省存储空间。



图 3-4-24 加工程序

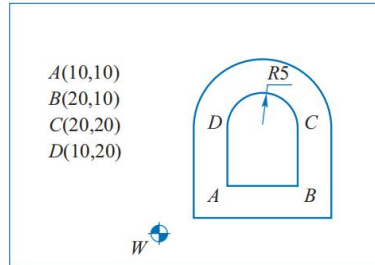


图 3-4-24 例 3-13 图

坐标旋转编程格式如下：

G68 X_Y_R_;

.....

G69;

其中：X、Y——旋转中心的坐标；

R——旋转角度。

例 3-14 如图 3-4-25 所示，加工方槽，槽深 5 mm，请编写加工程序。

解 加工程序见二维码。



图 3-4-25 加工程序

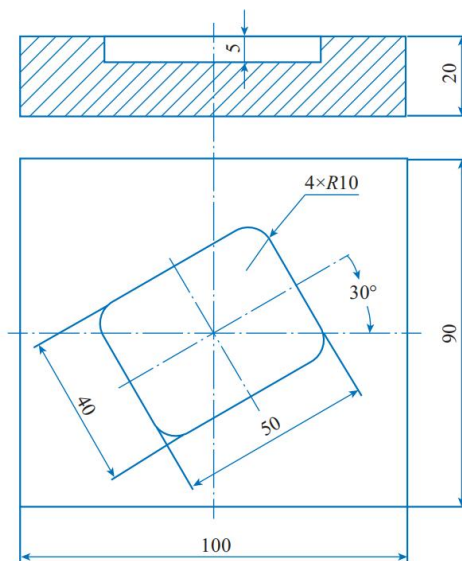


图 3-4-25 例 3-14 图

问题小贴士:

7. 无论是绝对值指令还是增量值指令, 由 H 代码指定的已存入偏置存储器中的偏置值在 G43 时_____, 在 G44 时则是从 Z 轴 (或 X、Y 轴) 运动指令的终点坐标值中_____。计算后的坐标值成为终点。

二、选择题

1. 沿刀具前进方向观察, 刀具偏在工件轮廓的左边是 () 指令, 刀具偏在工件轮廓的右边是 () 指令。

- A. G40 B. G41 C. G42 D. G43

2. 刀具长度正补偿是 () 指令, 负补偿是 () 指令, 取消补偿是 () 指令。

- A. G43 B. G44 C. G49 D. G42

3. 圆弧插补指令 G03 X_Y_R_ 中, X、Y 后的值表示圆弧的 ()。

- A. 起点坐标值 B. 终点坐标值
C. 圆心坐标相对于起点的值 D. 以上都不对

4. CNC 铣床加工程序中调用子程序的指令是 ()。

- A. G98 B. G99 C. M98 D. M99

5. 在圆弧插补段程序中, 当采用圆弧半径 R 编程时, 从起点到终点存在两条圆弧线段, 当 () 时, 用 -R 表示圆弧半径。

- A. 圆弧小于或等于 180° B. 圆弧大于或等于 180°
C. 圆弧小于 180° D. 圆弧大于 180°

6. 刀具长度补偿值的地址用 () 表示。

- A. D B. H C. R D. J

7. 当用 G02/G03 指令对被加工零件进行圆弧插补时, 下面关于使用半径 R 方式编程的说法不正确的是 ()。

- A. 整圆加工不能采用该方式编程
B. 该方式与使用 I、J、K 的效果相同
C. 大于 180° 的圆弧半径取正值
D. 半径可取正值也可取负值, 但加工轨迹不同

8. 用 FANUC 数控系统的指令编程, 程序段 “G02X__Y__I__J_ ;” 中的 G02 表示_____, I 和 J 表示_____。()

- A. 顺时针插补 圆心相对起点的位置
B. 逆时针插补 圆心的绝对位置

问题小贴士:

- C. 顺时针插补 圆心相对终点的位置
 D. 逆时针插补 起点相对圆心的位置
9. 用 FANUC 数控系统的指令编程, 程序段 “G90 G03 X30.Y20.R-10. ;” 中的 “X30.Y20.” 表示_____, “R-10.” 表示_____。()
- A. 终点的绝对坐标 圆心角小于 180° 并且半径是 10 mm 的圆弧
 B. 终点的绝对坐标 圆心角大于 180° 并且半径是 10 mm 的圆弧
 C. 刀具在 X 轴和 Y 轴方向上移动的距离 圆心角大于 180° 并且半径是 10 mm 的圆弧
 D. 终点相对于机床坐标系的位置 圆心角大于 180° 并且半径是 10 mm 的圆弧
10. () 为刀具半径左补偿指令。
- A. G41 B. G42 C. G40 D. G43
11. 准备功能 G91 指令表示的功能是 ()。
- A. 预置功能 B. 固定循环 C. 绝对尺寸 D. 增量尺寸
12. “M98 P1000200” 是调用子程序 ()。
- A. O100 B. O200 C. O100200 D. P0100
13. 有些零件需要在不同的位置上重复加工同样的轮廓形状, 这时应采用 ()。
- A. 比例缩放加工功能 B. 镜像加工功能
 C. 旋转功能 D. 子程序调用功能
14. 数控铣床的 G43/G44 指令是对 () 进行补偿。
- A. 刀具圆弧半径 B. 刀具半径
 C. 刀具长度 D. 刀具角度

三、简答题

- G02、G03 指令的应用区别是什么?
- 圆弧半径在什么时候用正值, 什么时候用负值?
- 应用 G41/G42 指令建立刀具半径补偿时的判别依据是什么?

四、编程选择题

- 如图 3-4-26 所示零件, 采用顺铣法精铣凸台外轮廓, 铣刀直径为 10。

问题小贴士:

- _____ N030 G01 Z-12 F50;
- _____ N040() X0 F150; /* 刀具半径补偿
- _____ A. G40 B. G41
- _____ C. G42 D. G43 N050 X30
- _____ N060 Y27.087; /* 垂直直线插补
- _____ N070 G02 X50 (); /* R25 圆弧插补
- _____ A. R25 B. I0 K10
- _____ C. I-10 J22.913 D. I10 J22.913
- _____ N080 G01 Y0; /* 垂直直线插补
- _____ N090 X146.569; /* 水平直线插补
- _____ N100 G91 G01 (); /* 斜直线插补
- _____ A. X-78.284 Y-78.284 B. XY-78.284
- _____ C. X78.284 D. X-78.284 Y78.284
- _____ N110 G90 () R40; /* R40 圆弧插补
- _____ A. G02 X0 Y50 B. G03 X0 Y50
- _____ C. G02 X50 Y0 D. G03 X50 Y0
- _____ N120 G01(); /* 垂直直线插补
- _____ A. Y0 B. X0 C. Y-50 D. Y-50 X0
- _____ N130 (); /* 取消刀具半径补偿
- _____ A. G40 B. G40 Y-20
- _____ C. G41 D. G41 Y-20
- _____ N140 (); /* 快退至安全高度
- _____ A. G01 X0 Y0 B. G01 Z50
- _____ C. G00 Z50 D. G00 X0 Y0
- _____ N150 X0 Y0(); /* 返回到程序原点, 程序结束
- _____ A. M00 B. M01 C. M08 D. M30

五、编程题

1. 编制如图 3-4-28、图 3-4-29 所示零件的加工程序。
2. 图 3-4-30 所示为槽轮板零件图, 试选择合适的刀具与切削参数, 确定其加工工艺并填写加工程序。

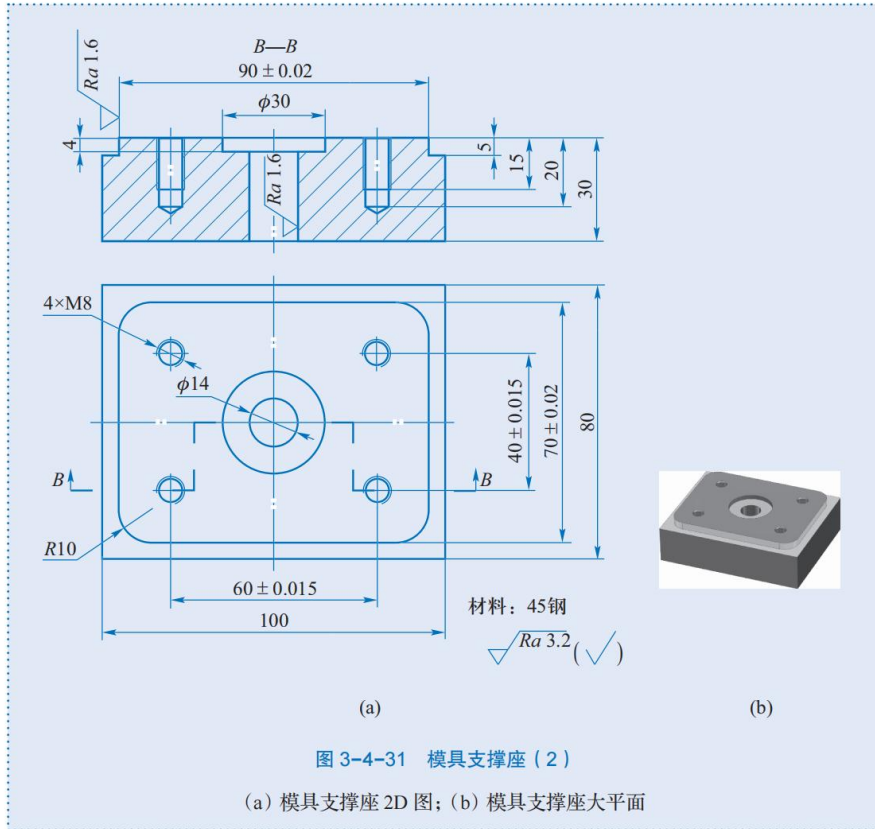


图 3-4-31 模具支撑座 (2)

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书(初级/中级)		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据数控铣床编程手册, 完成孔和螺纹加工程序的编写	
2	能正确选择加工刀具	
3	能根据机械加工工艺文件要求, 运用机械加工精度控制方法, 完成数控加工	

任务目标

知识目标

1. 了解钻孔加工工艺；
2. 掌握孔类加工的程序编制方法（G81、G82、G83、G85、G80）；
3. 掌握螺纹加工的程序编制方法（G84、G74 指令的掌握）。

能力目标

1. 掌握孔类加工程序编制方法和常用编程指令；
2. 训练使用多把刀具对刀、换刀及程序编制；
3. 具有孔类加工的数控操作能力；
4. 掌握螺纹加工程序编制方法；
5. 掌握螺纹加工的数控操作能力。

素质目标

1. 具有实事求是的工作作风和创新意识；
2. 增强密切联系工程实践的能力；
3. 能够团结协作地进行分析问题、解决问题；
4. 具有职业的认同感、责任感、荣誉感、使命感。

学习导图



任务分析

任务书

编制如图 3-4-31 所示模具支撑座的孔和螺纹的加工程序。

获取信息

▲ 引导问题 1: 在零件图中, 各孔的加工方式是什么?

▲ 引导问题 2: 在零件图中, 根据螺纹的标注, 计算出螺纹的主参数。

工作计划

▲ 引导问题 3: 根据加工零件, 选择合适的孔和螺纹数控加工刀具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 3-4-13。

表 3-4-13 模具支撑座孔和螺纹数控加工刀具卡片

序号	刀具号	刀具规格名称	加工表面	备注
1				
2				
3				
4				

▲ 引导问题 4: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 5: 加工孔和螺纹时, 对转速及进给速度各有什么要求? 为什么?

▲ 引导问题 6: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 3-4-14)。

表 3-4-14 模具支撑座孔和螺纹数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					

▲ 引导问题 7: 编写 0001 的 5 个定位孔程序, 填写表 3-4-15。

表 3-4-15 0001 的 5 个定位孔程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

编写 0002 钻底孔程序, 填写表 3-4-16。

表 3-4-16 0002 钻底孔程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

编写 0003 粗钻孔程序, 填写表 3-4-17。

表 3-4-17 0003 粗钻孔程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

编写 0004 扩孔程序，填写表 3-4-18。

表 3-4-18 0004 扩孔程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

编写 0005 铰孔程序，填写表 3-4-19。

表 3-4-19 0005 铰孔程序表

程序段号	程序	程序段号	程序

▲ 引导问题 8：模拟加工。模拟加工时如何进行毛坯大小与位置、刀具参数的设置？

(1) 毛坯大小与位置：_____

(2) 刀具参数：_____

(3) 记录模拟加工过程中不符合要求的地方，分析原因，写出预防措施或改进方法。

不符合要求的方面：_____

原因：_____

预防措施：_____

加工实施

4 引导问题 9: 叙述开机步骤和对刀方法, 并在铣床上练习。

 小提示

加工前准备如下:

1. 毛坯选择

毛坯的尺寸为长 100 mm × 宽 80 mm × 高 30 mm。

2. 刀具选择

首先选择 $\phi 3$ 中心钻进行定位孔加工, 再选择 $\phi 6.8$ 钻头进行 4-M8 螺纹底孔加工, 然后选择 $\phi 12$ 钻头进行 $\phi 14$ 孔粗加工, 再选择 $\phi 13.9$ 扩孔钻进行 $\phi 14$ 孔扩孔, 最后用 $\phi 14$ 孔精铰刀进行 $\phi 14$ 孔精加工。

3. 夹具选择

用平口虎钳装夹工件, 伸出钳口 6 ~ 8 mm。

4. 选择编程零点

工件坐标系零点选择在工件上表面的中心处, 并通过对刀设定零点偏置 G54。

质量检测

按表 3-4-20 对零件进行检测, 并将结果填入。

表 3-4-20 模具支撑座孔和螺纹数控加工自检表

零件名称	模具支撑座孔和螺纹			允许读数误差				项目判定	老师评价
序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果					
				No.1	No.2	No.3	平均值		
1	孔							合 否	合 否
2	螺纹							合 否	合 否
3	螺纹							合 否	合 否
4	螺纹							合 否	合 否
结论 (对上述测量尺寸进行评价)			合格品 次品 废品						
处理意见									

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 3-4-21。

表 3-4-21 模具支撑座孔及螺纹数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

模具支撑座孔及螺纹数控加工综合评价表见表 3-4-22。

表 3-4-22 模具支撑座孔及螺纹数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10 分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5 分			
	刀具与工艺	10 分			
	编写程序	10 分			
	机床操作	15 分			
	零件合格与否	20 分			
3. 团队合作精神及参与度		10 分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10 分			
5. 任务反思		10 分			
总分		100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字：		教师签字：			
		年 月 日	年 月 日		
备注：					

相关知识

知识点一 钻孔工艺

一、钻削加工的特点

(1) 钻头的两条切削刃对称地分布于轴线两侧，切削时所受径向抗力相抵消，钻头不像单刃刀具那样容易弯曲，其切削深度达到孔径的一半，所以金属切除率较高。

(2) 由于钻头伸入孔内，切屑成螺旋卷形，容易堵塞，不仅排屑与散热困难，而且孔壁易划伤，所以钻出的孔表面较粗糙，尺寸精度也较低。

(3) 钻孔所能达到的尺寸精度一般为IT11~IT14，表面粗糙度值为Ra12.5~50 μm。钻削加工常作为其他孔加工的预加工，也可对一些要求不高的孔（如穿螺栓和润滑油通道孔）进行加工。

二、钻孔方法

1. 钻头的装夹

数控铣床主轴前端有7:24的锥孔，用于装夹锥柄刀具。钻孔刀具的刀柄主要有钻夹头刀柄，配上相应的钻夹头，可夹持直柄钻头、中心钻等；莫氏锥柄钻头可采用带扁尾莫氏刀柄夹持；套式扩孔钻可用套扩、铰刀柄夹持。

2. 工件的装夹

孔径较小的小型工件用平口台虎钳夹紧即可进行钻削。对于工件上直径较大的孔，钻削时的扭矩也大，为装夹牢固和操作安全起见，应采用压板、螺栓等夹具装夹工件。

3. 钻孔要点

在对单件或小批量工件钻孔之前，应在工件上通过划线确定所要钻孔的中心点，并用锥形冲头冲出锥坑（样冲眼），以便钻头对准孔的中心；对于较深的孔，钻孔时要经常退出钻头，排除切屑并进行冷却润滑，防止切屑堵塞、钻头过热、磨损加快或钻头扭断。

知识点二 钻孔指令

一、固定循环指令格式

G90/G91 G98/G99 G73 ~ G89 X_Y_Z_R_Q_P_F_K_;

二、各参数含义

G90/G91——数据方式。G90 为绝对坐标，G91 为增量坐标。

G98/G99——返回点位置。G98 指令返回起始点，G99 指令返回 R 平面。

G73 ~ G89——孔加工方式（见表 3-4-23）。G73 ~ G89 是模态指令，因此，多孔加工时该指令只需指定一次，以后的程序段只给孔的位置即可。

X、Y——指定孔在 XOY 平面的坐标位置（增量或绝对坐标值）。

Z——指定孔底坐标值。在增量值编程时，是平面到孔底的距离；在绝对值编程时，是孔底的 Z 坐标值。

R——在增量值编程时，为起始点到 R 平面的距离；在绝对值编程时，为 R 平面的绝对坐标值。

Q——在 G73、G83 中用来指定每次进给的深度；在 G76、G87 中指定刀具的退刀量。它始终是一个增量值。

P——孔底暂停时间。最小单位为 1 ms。

F——切削进给的速度。

K——规定重复加工次数。如果不指定 K，则只进行一次循环。当 K=0 时，孔加工数据存入，机床不动作。在增量值编程（G91）时，如果有孔距相同的若干相同孔，则采用重复次数来编程是很方便的。

三、固定循环功能及指令

常用的固定循环指令能完成的工作有钻孔、攻螺纹和镗孔等。这些循环通常包括下列 6 个基本操作动作，如图 3-4-32 所示。

- (1) 在 XY 平面定位；
- (2) 快速移动到 R 平面；
- (3) 孔的切削加工；
- (4) 孔底动作；
- (5) 返回到 R 平面；
- (6) 返回到起始点。

其中：

- (1) 实线表示切削进给，虚线表示快速移动。
- (2) R 平面在孔口时，为快速移动与进给运动的转换位置。
- (3) 固定循环由 G80 或 01 组 G 代码取消。

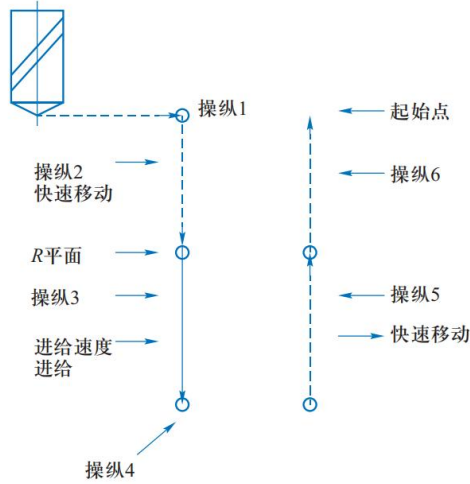


图 3-4-32 固定循环的基本动作

表 3-4-23 G73 ~ G89 指令功能表

G 指令	钻削 (-Z 方向)	在孔底的动作	退回 (+Z 方向)	应用
G73	间歇进给		快速移动	高速深孔钻循环
G74	切削进给	停刀—主轴正转	切削进给	左旋攻螺纹循环
G76	切削进给	主轴定向停止	快速移动	精镗循环
G80				取消固定循环
G81	切削进给		快速移动	钻孔循环, 点钻循环
G82	切削进给	停刀	快速移动	钻孔循环, 铰镗循环
G83	间歇进给		快速移动	深孔钻削循环
G84	切削进给	停刀—主轴反转	切削进给	攻螺纹循环
G85	切削进给		切削进给	镗孔循环
G86	切削进给	主轴停止	快速移动	镗孔循环
G87	切削进给	主轴正转	快速移动	反镗循环
G88	切削进给	停刀—主轴停止	手动移动	镗孔循环
G89	切削进给	停刀	切削进给	镗孔循环

四、G98/G99 指令

G98/G99 指令决定固定循环在孔加工完成后返回 R 点还是起始点, 在 G98 模式下, 孔加工完成后 Z 轴返回起始点; 在 G99 模式下, Z 轴返回 R 点。

五、使用孔加工固定循环的注意事项

(1) 编程时需注意在固定循环指令之前,必须先使用 S 和 M 代码指令使主轴旋转。

(2) 在固定循环模态下,包含 X、Y、Z、A、R 的程序段将执行固定循环。如果一个程序段不包含上列的任何一个地址,则在该程序段中将不执行固定循环,除 G04 中的地址 X 外。另外,G04 中的地址 P 不会改变孔加工参数中的 P 值。

(3) 孔加工参数 Q、P 必须在固定循环被执行的程序段中指定,否则指令的 Q、P 值无效。

(4) 在执行含有主轴控制的固定循环(如 G74、G76、G84 等)过程中,当刀具开始切削进给时,主轴有可能还没有达到指令转速。这种情况下,需要在孔加工操作之间加入 G04 暂停指令。

(5) 01 组的 G 代码也起到取消固定循环的作用,所以请不要将固定循环指令和 01 组的 G 代码写在同一程序段中。(01 组 G 代码:G00\G01\G02\G03\G60)

(6) 如果执行固定循环的程序段中指令了一个 M 代码,M 代码将在固定循环执行定位时被同时执行,并且 M 代码执行完毕的信号在 Z 轴返回 R 点或初始点后发出。

(7) 在固定循环模态下,刀具偏置指令 G45 ~ G48 将被忽略(不执行)。

(8) 单程序段开关置上位时,固定循环执行完 X、Y 轴定位、快速进给到 R 点及从孔底返回(到 R 点或到初始点)后,都会停止,也就是说,需要按循环启动按钮三次才能完成一个孔的加工。三次停止中,前面的两次处于进给保持状态,后面的一次处于停止状态。

(9) 重复次数 K 不是一个模态的值,它只在需要重复的时候给出。进给速率 F 则是一个模态的值,即使固定循环取消后它仍然会保持。

六、常用的打孔指令

1. G81——浅孔加工循环指令

(1) 指令格式:G81 X__Y__Z__R__F__K__;

(2) 说明。

X__Y__ : 孔的坐标位置;

Z__ : G90 编程时是孔底的位置(G91 编程时,是从 R 点到孔底的距离);

R__ : G90 编程时是安全平面的位置(G91 编程时,是从初始位置到 R 点位置的距离);

F__ : 切削进给速度;

K_：重复次数（如果需要的话）。

(3) 这是一种常用的钻孔加工方式，循环路线如图 3-4-33 所示。

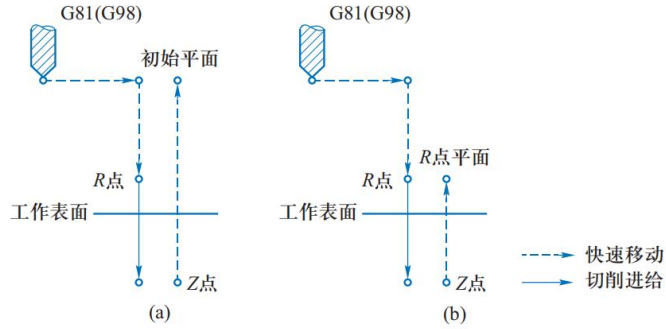


图 3-4-33 G81 钻孔循环

2. G82——沉孔加工循环指令

(1) 指令格式：G82 X_Y_Z_R_P_F_K_；

(2) 说明。

X_Y_：孔的坐标位置；

Z_：从 R 点到孔底的距离；

R_：从初始位置到 R 点位置的距离；

P_：孔底暂停时间（单位为 ms）；

F_：切削进给速度；

K_：重复次数（如果需要的话）。

循环路线如图 3-4-34 所示。

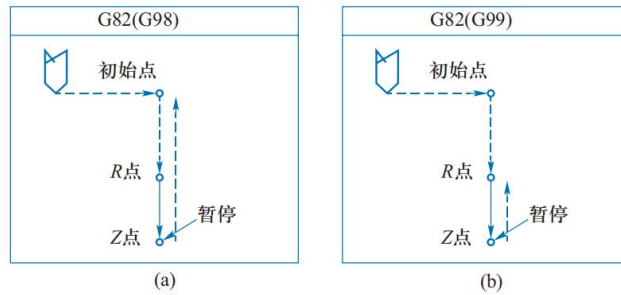


图 3-4-34 G82 钻孔循环路线

G82 固定循环在孔底有一个暂停的动作，除此之外和 G81 完全相同。孔底的暂停可以提高孔深的精度，常用于加工沉头台阶孔。

3. G73——高速深孔钻削循环指令

(1) 功能：G73 用于深孔钻削，在钻孔时采取间断进给，有利于断屑和排屑，适合深孔加工。

(2) 指令格式及说明。

① 指令格式：G73 X_Y_Z_R_Q_F_K_；

② 说明。

X_Y_：孔的坐标位置；

Z_：从 R 点到孔底的距离；

R_：从初始位置到 R 点位置的距离；

Q_：为增量值，指定每次切削深度，Q 始终为正值；

F_：切削进给速度；

K_：重复次数（如果需要的话）。

(3) 循环路线如图 3-4-35 所示。

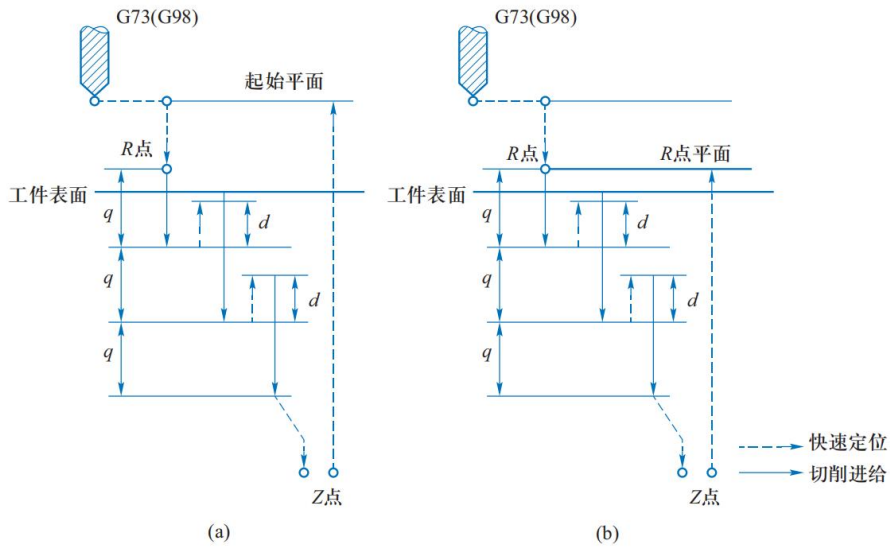


图 3-4-35 G73 钻孔循环路线

注： d 为排屑退刀量，由系统参数设定。

4. G83——高速深孔钻削循环指令

(1) 指令格式: G83 X__Y__Z__R__Q__F__K__;

(2) 说明。

X__Y__: 孔的坐标位置;

Z__: 从 R 点到孔底的距离;

R__: 从初始位置到 R 点位置的距离;

Q__: 为增量值, 指定每次切削深度;

F__: 切削进给速度;

K__: 重复次数 (如果需要的话);

(3) 循环路线如图 3-4-36 所示。

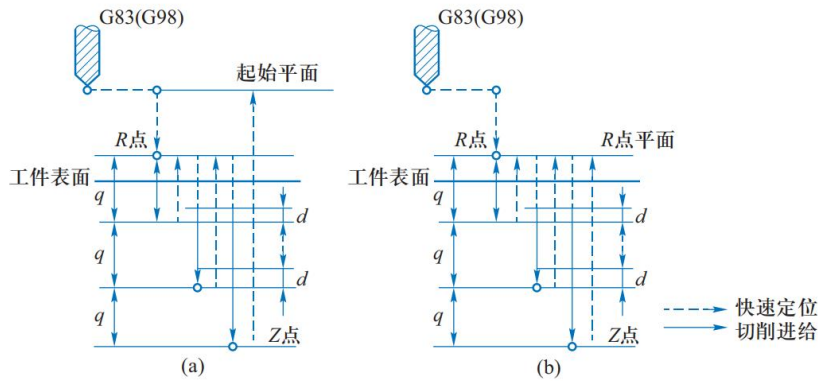


图 3-4-36 G83 钻孔循环路线

注: d 为排屑退刀量, 由系统参数设定。

G83 从 R 点到 Z 点的进给分段完成, 每段进给完成后, Z 轴返回的是 R 点, 然后以快速进给速率运动到距离下一段进给起点上方 d 的位置, 开始下一段进给运动。每段进给的距离由孔加工参数 Q 给定, Q 始终为正值。

知识点三 孔类零件加工程序

孔类零件的加工主要在于孔的位置精度的保证。合理的加工路线可以提高位置精度, 减小丝杠间隙对加工的影响。如图 3-4-37 (a) 所示的加工路线, 在加工孔 IV 时, X 轴方向的反向间隙将会影响 III、IV 两孔的孔距精度; 如果采用图 3-4-37 (b) 所示的

加工路线, 可使各孔的定位方向一致, 提高孔距精度。

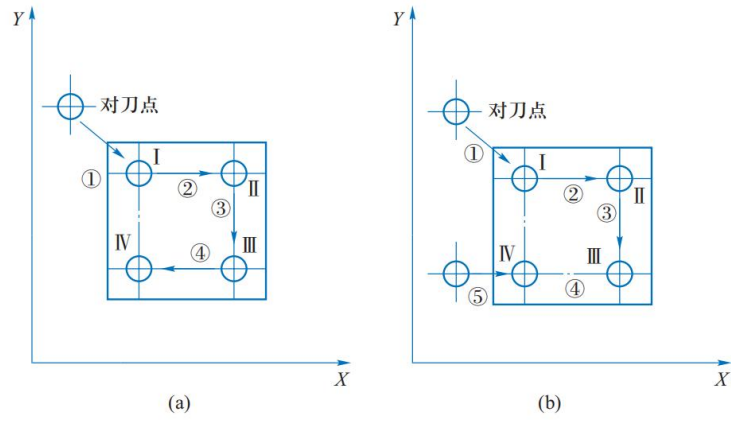


图 3-4-37 孔加工的路线安排

例 3-15 如图 3-4-38 所示, 分析工艺并编写出精加工程序。

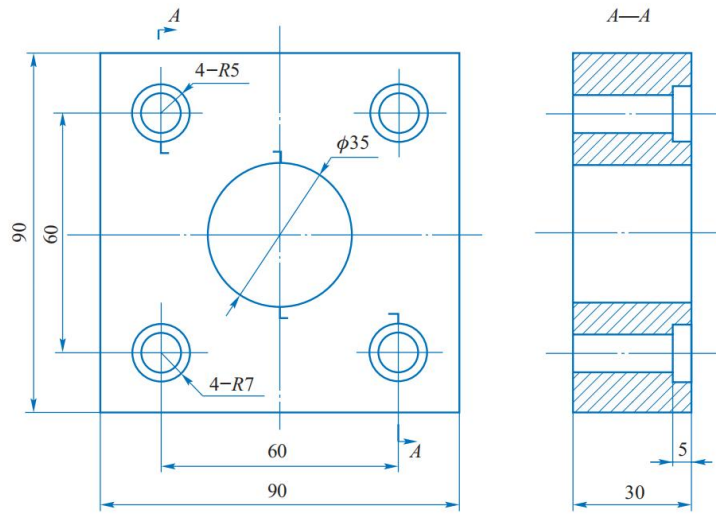


图 3-4-38 例 3-15 图

解 (1) 工艺路线安排如图 3-4-39 所示。

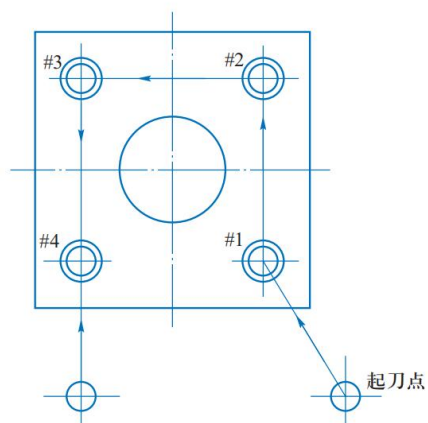


图 3-4-39 工艺路线安排

(2) 刀具、夹具的选用。根据孔的大小，选用 $\phi 10$ 、 $\phi 14$ 麻花钻和 $\phi 35$ 精镗刀；零件的形状规则，可使用平口钳装夹。

(3) 精加工程序。

程序段号	程序	程序说明
O0002;		程序名
N10 G54	G80 G90 G17 G49 G40;	程序保护头
N20	G43 G00 Z200.0 H01;	建立刀具长度正补偿
N30	M03 S1000;	主轴正转，转速为 1200 r/min
N40	G00 X50.0 Y-100.0;	建立工件坐标系，并移动到 (50, -100) 处
N50	G99 G83 X30.0 Y-30.0 Z-32.0 R3.0 Q5.0 F200	加工 $\phi 10$ 的 #1 孔
N60	Y30;	加工 $\phi 10$ 的 #2 孔
N70	X-30;	加工 $\phi 10$ 的 #3 孔
N80	G00 X-30 Y-100;	快速移动到工件外面
N90	G98 G83 X-30.0 Y-30.0 Z-32.0 R3.0 Q5.0 F200	加工 $\phi 10$ 的 #4 孔
N100	G91 G28 Z0;	返回 Z 轴参考点
N110	M05;	主轴停止旋转
N120	M00;	手动换刀
N130	G43 G00 Z200 H02;	换 2 号刀，长度补偿
N140	M03 S800;	主轴正转，转速为 800 r/min
N150	G99 G82 X30.0 Y-30.0 Z-5.0 R3.0 P1000 F100	加工 $\phi 14$ 的 #1 孔

N160	Y30.0;	加工 $\phi 14$ 的 #2 孔
N170	X-30.0;	加工 $\phi 14$ 的 #3 孔
N180	G00 X-30.0 Y-100.0;	快速移动到工件外面
N190	G98 G82 X-30.0Y-30.0 Z-5.0 R3.0 P1000 F100	加工 $\phi 14$ 的 #4 孔
N200	G91 G28 Z0;	返回 Z 轴参考点
N210	M05;	主轴停止旋转
N220	M00;	手动换刀
N230	G43 G00 Z200 H03;	换 3 号刀, 长度补偿
N240	M03 S1200;	主轴正转, 转速为 1 200 r/min
N250	G98 G76 X0 Y0 Z-30.0 R3.0 Q1.0 P1.0 F200	精镗 $\phi 35$ 的孔
N260	M05;	主轴停止
N270	M30;	程序结束并复位

知识点四 螺纹加工循环指令

一、G84 (右旋螺纹加工循环指令)

指令格式: G84 X_Y_Z_R_F_;

说明:

(1) 向下切削时主轴正转, 孔底动作是变正转为反转, 再退出。

(2) F 表示导程, 在 G84 切削螺纹期间速率修正无效, 移动不会中途停顿, 直到循环结束。G84 右旋螺纹加工循环工作过程如图 3-4-40 所示。

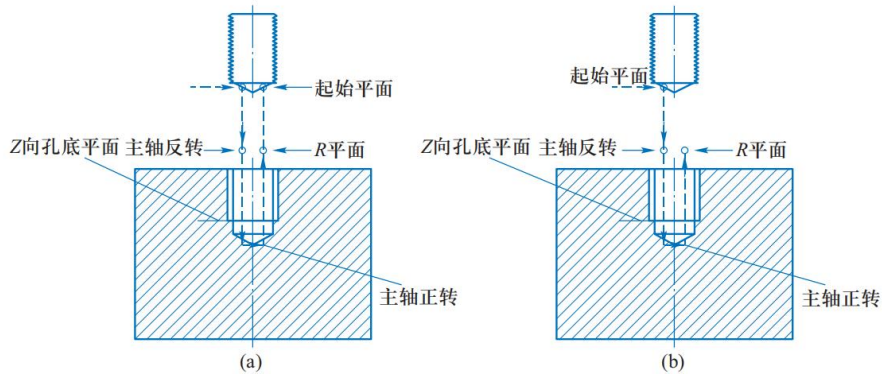


图 3-4-40 G84 右旋螺纹加工循环工作过程

(a) G84 (G98); (b) G84 (G99)

二、G74（左旋螺纹加工循环指令）

指令格式：G74 X__Y__Z__R__F__；

说明：主轴反转进刀，正转退刀，正好与 G84 指令中的主轴转向相反，其他运动均与 G84 指令相同。

思政小故事

“两弹一星”功勋奖章获得者姚桐斌

姚桐斌（1922年9月—1968年6月），江苏省无锡市人，冶金学、航天材料专家，火箭材料及工艺技术专家，“两弹一星”功勋奖章获得者。



两弹一星功勋奖章获得者姚桐斌

巩固知识

一、填空题

问题小贴士：

1. 孔加工固定循环通常由下述 6 个动作构成：_____。
2. 深孔钻加工循环指令有_____。
3. _____指令主要用于加工盲孔和沉头孔，使得孔的表面更光滑。
4. “G76 X__Y__Z__R__F__P__Q__”中的 Q 指_____。

二、简答题

1. 孔加工循环指令有哪些？如何使用？
2. 初始平面、R 点平面、孔底平面分别是什么？

任务五 模具支撑座综合件加工

任务描述

按图纸要求完成模具支撑座（见图 3-5-1）各部位的加工，并达到技术要求。

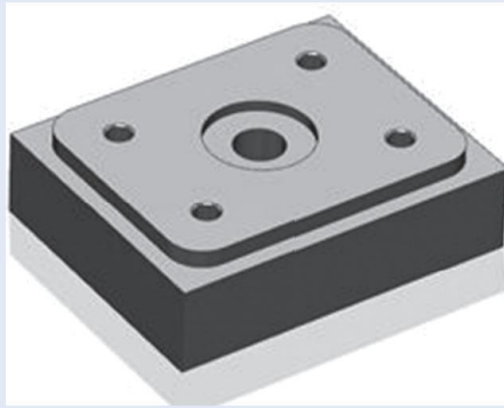


图 3-5-1 模具支撑座 3D 图 (2)

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及模具支撑座零件图，正确识读模具支撑座零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据数控铣床编程手册，完成由平面、轮廓、孔组成的数控铣加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具	

任务目标

知识目标

1. 了解数控铣床的安全操作规程；
2. 掌握数控铣床日常维护和保养的内容。

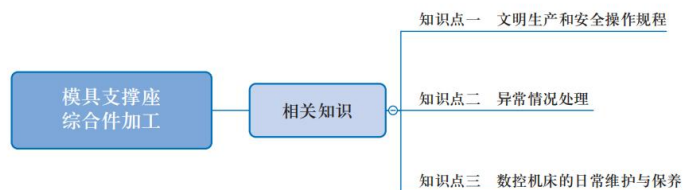
能力目标

1. 能按图纸要求完成各部位加工；
2. 能保证图纸要求的各处几何公差。

素质目标

1. 培养学生的团队协作、团队互助等意识；
2. 培养学生具有感恩心、责任心、敬畏心及吃苦耐劳的精神。

学习导图



任务分析

任务书

根据前面所学平面加工、轮廓加工、孔加工等知识，完成模具支撑座（见图 3-5-2）的综合加工。

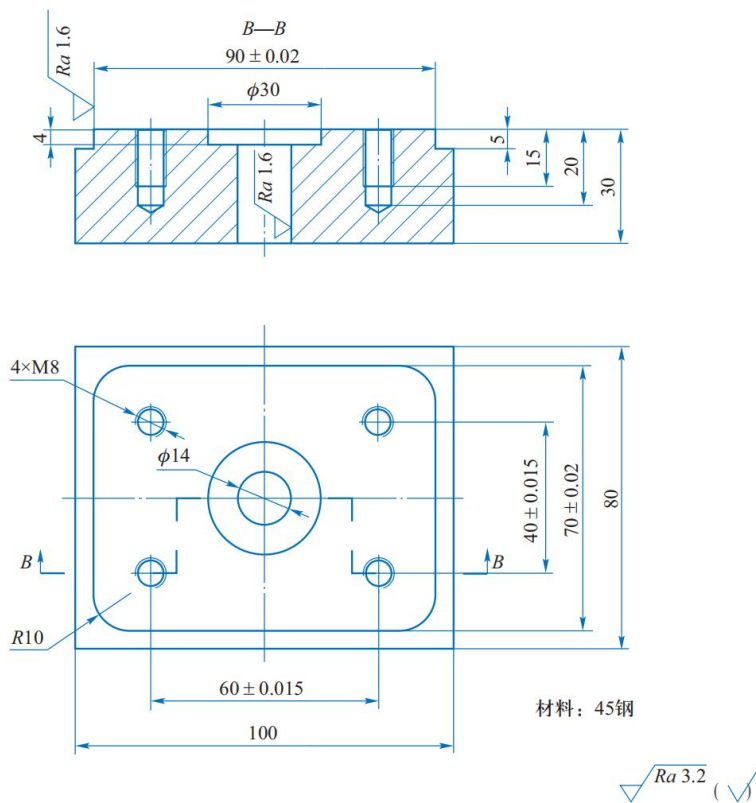


图 3-5-2 模具支撑座 2D 图 (2)

获取信息

引导问题 1: 加工本任务零件应选择什么毛坯材料? 毛坯尺寸如何确定? 其切削加工性能怎样? 有无热处理和硬度要求?

引导问题 2: 查阅资料, 分析模具支撑座的用途和加工要求。

▲ 引导问题 3: 分析零件图中有无遗漏尺寸, 或是标注不清楚而影响到零件的编程的地方; 主要加工尺寸、几何公差要求及表面质量要求, 并填写表 3-5-1。

▲ 引导问题 4: 对于零件图中标注的公差, 加工时怎么保证?

表 3-5-1 模具支撑座数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5	表面质量要求		

工作计划

▲ 引导问题 5: 根据加工零件, 选择合适的机床设备和刀、量、夹具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 3-5-2。

表 3-5-2 模具支撑座的数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			
4			

▲ 引导问题 6: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 7: 零件中的各孔应采用什么加工方法? 为什么?

▲ 引导问题 8: 对于该零件的粗、精加工, 应如何安排加工工艺? 为什么?

▲ 引导问题 9: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 3-5-3)。

表 3-5-3 模具支撑座数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

▲ 引导问题 10: 编写程序, 填写表 3-5-4。

表 3-5-4 模具支撑座数控加工程序

程序段号	程序	程序段号	程序

引导问题 14: 通孔加工过程中要注意什么?

小提示



模具支撑座模拟加工视频



模具支撑座加工方案

质量检测

按表 3-5-5 对零件进行检测，并将结果填入。

表 3-5-5 模具支撑座数控加工自检表

零件名称	模具支撑座			允许读数误差				项目判定	老师评价
序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果					
				No.1	No.2	No.3	平均值		
1	外形							合 否	合 否
2	外形							合 否	合 否
3	深度							合 否	合 否
结论 (对上述测量尺寸进行评价)			合格品 次品 废品						
处理意见									

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 3-5-6。

表 3-5-6 模具支撑座的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：			年 月 日	

综合评价

模具支撑座的数控加工综合评价表见表 3-5-7。

表 3-5-7 模具支撑座的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10 分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5 分			
	刀具与工艺	10 分			
	编写程序	10 分			
	机床操作	15 分			
	零件合格与否	20 分			
3. 团队合作精神和参与度		10 分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10 分			
5. 任务反思		10 分			
总分		100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字：		教师签字：			
		年 月 日		年 月 日	
备注：					

相关知识

知识点一 文明生产和安全操作规程

一、文明生产

数控加工是一种先进的加工方法。数控机床与通用机床加工相比较，在许多方面遵循的原则基本一致，使用方法上也大致相同。但数控机床自动化程度高，为了充分发挥数控机床的优越性，提高生产效率，管好、用好数控机床显得尤为重要。操作人员除了要掌握数控机床的性能和进行精心操作以外，还必须养成良好的文明生产习惯和严谨的工作作风，具有较好的职业素质、责任心和良好的合作精神。操作时应做到以下几点：

- (1) 严格遵守《数控机床的安全操作规程》操作机床。
- (2) 保持数控机床周围的环境整洁。
- (3) 操作人员应穿戴好工作服、工作鞋，不穿、戴有危险性的服饰品。

二、安全操作规程

- (1) 阅读数控机床操作手册，熟悉数控机床的性能、结构、传动原理、操作顺序及紧急停车方法。
- (2) 检查润滑油和齿轮箱内的油量情况，有手动润滑的部位要先进行润滑。
- (3) 对数控机床通电后，检查电压、气压、油压是否正常，并检查各开关、按钮和按键是否正常、灵活，机床有无异常现象。
- (4) 进行返回机床参考点的操作，建立机床坐标系。
- (5) 开机后让数控机床空运行 15 min 以上，以使机床达到热平衡状态。
- (6) 沿 X、Y 轴方向手动移动工作台时，必须使 Z 轴处于安全高度位置，防止刀具发生碰撞。移动时应注意观察刀具的移动是否正常。
- (7) 正确对刀，确定工件坐标系，并认真核对数据。
- (8) 输入程序并认真、仔细检查，特别注意对指令、代码、正负号、小数点及语法的检查。
- (9) 进行模拟加工，验证程序的正确性。

(10) 将程序调试好后, 在正式切削加工前, 应检查一次程序、刀具、夹具、工件、参数等是否正确。

(11) 将刀具补偿值输入后, 要对刀补号、补偿值、正负号及小数点进行认真核对。

(12) 检查运行程序与加工工件是否一致。

(13) 确定数控机床状态及各开关位置(进给倍率开关应为0位)。

(14) 当工件坐标、刀具位置、剩余量三者相符后才能逐渐加大进给倍率开关。

(15) 中断程序后再恢复加工时, 应缓慢进给至原加工位置后, 再逐渐恢复到正常切削速率。

(16) 刃磨刀具或更换刀具后, 要重新测量刀长并修改刀补值和刀补号。

(17) 程序修改后, 对修改部分要仔细计算和认真核对。

(18) 在数控机床运转时, 不得调整刀具和测量工件的尺寸, 手不得靠近旋转的刀具和工件。

(19) 加工完毕后, 将X轴、Y轴、Z轴移动到行程的中间位置, 并将主轴速度和进给速度倍率开关都拨至低挡位, 防止因误操作而使机床产生错误的动作。

(20) 卸刀时应先用手握住刀柄, 再按换刀开关; 装刀时应在确认刀柄完全到位后再松手。

(21) 加工完毕, 及时清理现场, 做好工作记录。

知识点二 异常情况处理

(1) 当数控机床因报警而停止时, 应先清除报警信息, 将主轴安全移出加工位置, 确定排除警报故障后, 再恢复加工。

(2) 当正常加工时, 需要暂停程序前, 应先将进给倍率开关缓慢关至0位。

(3) 当发生紧急情况时, 应迅速停止程序, 必要时可使用紧急停止按钮。

知识点三 数控机床的日常维护与保养

正确的使用能防止设备的非正常磨损, 避免突发故障的发生, 精心的维护可使设备保持良好的安全状态, 及时发现和消除隐患, 从而保障设备安全运行, 延长设备的使用寿命, 保证企业的经济效益。所以, 机床的正确使用与精心维护是设备管理以防为主的重要环节。

一、数控机床维护保养必备的基本知识

数控机床是集机、电、液于一体的自动化程度很高的设备，因此，数控机床的维护人员不仅要有机械加工工艺及液压、气动方面的知识，也要具备电子计算机、自动控制、驱动及测量技术方面的知识，这样才能全面掌握数控机床方面的知识，以及做好数控机床的维护保养工作。另外，维修人员还应详细阅读数控机床的说明书，对数控机床的结构特点、工作原理及电缆连接图等有一个详细、全面的了解。

二、数控机床设备的日常维护

对数控机床设备进行日常维护的目的如下：延长元器件的使用寿命；延长机械部件的磨损周期；防止意外恶性事故的发生；使机床始终保持良好的状态，从而保持长时间的稳定工作。表 3-5-8 为一台数控机床设备的定期维护检查顺序及内容，列出了一些常规的检查内容。对数控机床上一一些频繁运动的元器件，无论是机械部分还是控制部分，都应作为重点定时检查。

表 3-5-8 一台数控机床设备的定期维护检查顺序及内容

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	每天	集中润滑站	检查油标、油量，及时添加润滑油，润滑泵能定时启动打油及停止
2	每天	X、Y、Z 轴向导轨面	清除切屑及脏物，检查润滑油是否充足、导轨面有无划伤损坏
3	每天	压缩空气气源压力	检查气动控制系统压力，其应在正常范围内
4	每天	气源自动分水滤气器	及时清理分水滤气器中滤出的水分，保证正常工作
5	每天	气液转换器和增压器油面	发现低于规定油面高度时及时补足油液
6	每天	主轴润滑恒温油箱	工作正常、油量充足并能调节温度范围
7	每天	机床液压系统	油箱、液压泵无异常噪声，压力指示正常，管路及各接头无泄漏，工作油面高度正常
8	每天	液压平衡系统	平衡压力指示正常，快速移动时平衡阀工作正常
9	每天	CNC 的输入、输出单元	光电阅读机清洁，机械结构润滑良好
10	每天	各种电气柜散热通风装置	电气柜冷却风扇正常工作，风道过滤网无堵塞
11	每天	各种防护装置	导轨、机床防护罩等无松动、无漏水
12	每半年	滚珠丝杠	清洗丝杠上旧的润滑脂，涂上新润滑脂

续表

序号	检查周期	检查部位	检查要求
13	每半年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、滤油器，清洗油箱底，更换或过滤液压油
14	每半年	主轴润滑恒温油箱	清洗过滤器，更换润滑脂
15	每年	直流伺服电动机碳刷	检查换向器表面，吹净碳粉，去除毛刺，更换长度过短的碳刷，并应在跑合后才能使用
16	每年	润滑油压泵、滤油器	清理润滑油池底，更换滤油器
17	不定期	各轴导轨上镶条、压滚轮松紧状态	按机床说明书调整
18	不定期	冷却水箱	检查液面高度，当切削液太脏时需要更换并清理水箱底部，而且要经常清洗过滤器
19	不定期	排屑器	经常清理切屑，检查有无卡住等
20	不定期	废油池	及时取走废油池中的废油，以免外溢
21	不定期	主轴驱动带松紧	按机床说明书调整

三、数控系统的日常维护

每一种数控系统的日常维护保养，在说明书上都有具体的规定。总的来说，应注意以下几个方面：

(1) 根据维护保养的要求，制定出数控系统日常维护的规章制度。

(2) 对于数控柜、电器柜的散热通风系统，应每天检查数控装置上各个冷却风扇工作是否正常、风道过滤网是否堵塞。若过滤网上灰尘积聚过多，需及时清理，否则将会引起数控装置内温度过高，影响数控系统的正常工作。应每周或每月对空气过滤网进行清扫，清扫时应注意使气流从柜内流向柜外，切勿使灰尘落到数控装置内的印刷电路板或电子元器件上，这样容易引起元器件间绝缘电阻下降，并导致元器件或印刷电路的损坏。另外，应尽量少开数控柜、电器柜的门，以防止车间中的油雾、灰尘甚至金属粉末对数控系统造成损坏。

(3) 直流伺服电动机碳刷的检查和更换。可以根据用户的实际使用情况，每三个月对碳刷检查一次，同时使用工业酒精（乙醇）对碳刷表面进行清洗，当碳刷剩余长度在 10 mm 以下时，须及时更换相同型号的碳刷。

(4) 熔丝的熔断和更换。当数控系统内部的熔丝熔断时，应先查明其熔断的原因，经处理后，再更换相同型号的熔丝。

(5) 经常监视数控系统的电网电压。数控系统允许电网电压通常在额定值的10%~15%的范围内波动。若超出此范围,就会造成系统不能正常工作,甚至会损坏数控系统内的电子部件。

(6) 存储器用电池的更换。系统参数及用户加工程序都由存储器储存,系统关机后其内存的内容由电池供电保持,因此经常检查电池的工作状态和及时更换电池非常重要。当系统发出电池电压报警时,应立即更换电池。更换电池应在数控系统通电状态下进行。

(7) 对数控系统经常进行不定时的维护。数控系统若长期闲置,要经常通电,并在机床锁住不动的情况下,让系统空运行。这样可以利用电器元件本身的热量来驱散数控装置内的潮气,保证电子部件性能的稳定可靠。如果数控机床的进给轴和主轴采用直流电动机来驱动,应将碳刷从直流电动机中取出,以免化学腐蚀作用使换向器表面产生腐蚀,引起换向性能变化,甚至损坏电动机。

思政小故事

高铁首席研磨师宁允展

宁允展是南车青岛四方机车车辆股份有限公司车辆钳工、高级技师、高铁首席研磨师。他是国内第一位从事高铁转向架“定位臂”(定位臂和轮对节点必须有75%以上的接触面间隙小于0.05毫米,否则会直接影响行车安全)研磨的工人,也是这道工序最高技能水平的代表。他研磨的定位臂,已经创造了连续十年无次品的纪录。他和他的团队研磨的转向架被安装在673列高速动车组上,已“奔驰”9亿多千米,相当于绕地球2万多圈。

任务六 半圆球的宏程序加工

任务描述

利用宏程序加工半圆球(见图3-6-1)。

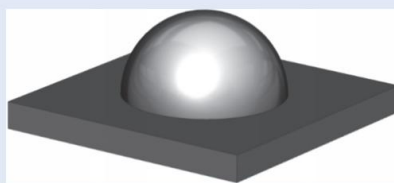


图 3-6-1 半圆球零件 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级 / 中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能合理使用变量的运算功能进行变量计算	
2	能合理使用条件语句进行程序内跳转	
3	能合理赋值变量大小	

任务目标

知识目标

1. 掌握宏程序的概念；
2. 了解宏程序的使用方法；
3. 掌握宏程序的常用指令。

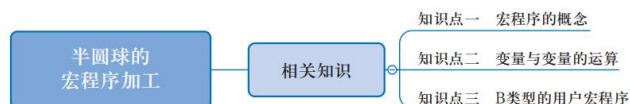
能力目标

1. 掌握常量、变量的含义及具备选用的能力；
2. 掌握赋值语句的格式和应用；
3. 具备运用宏程序功能对典型零件进行编程的能力。

素质目标

1. 培养学生严谨的科学精神和精益求精的工作态度；
2. 培养学生自主学习的能力和习惯。

学习导图



任务分析

任务书

利用 B 类型宏程序功能，编写程序并加工如图 3-6-2 所示的半圆球零件。

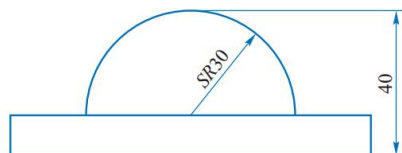


图 3-6-2 半圆球零件 2D 图

获取信息

引导问题 1: 说明用户宏程序与普通程序的区别。

小提示

(1) 在用户宏程序本体中，能使用变量，可以给变量赋值，变量间可以运算，程序可以跳转。

(2) 在普通程序中，只能指定常量，并且常量之间不能进行运算，程序只能按顺序执行，不能跳转，因此功能是固定的，不能变化。

(3) 用户宏程序功能为用户提高数控机床性能的一种特殊功能，在类似工件的加工中巧用宏程序将起到事半功倍的效果。

引导问题 2: 数控铣床加工半圆球理论上是如何实现的?

▲ 引导问题 3: 试分析将半圆球的半径或高度设为变量和将角度设为变量哪种方法更好, 并填写表 3-6-1。

表 3-6-1 半圆球数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			

▲ 引导问题 4: 实现程序内循环用条件转移 (IF) 和循环 (WHILE) 语句哪种效率更高? 为什么?

工作计划

▲ 引导问题 5: 根据加工零件, 选择合适的机床设备和刀、量、夹具, 并说明选择原因, 根据选择完成表 3-6-2。

表 3-6-2 半圆球数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			

▲ 引导问题 6: 合理拟定零件加工的工艺路线, 分析走刀路线应该从顶部到底部还是从底部到顶部。

▲ 引导问题 7: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 3-6-3)。

(2) 刀具参数: _____

(3) 记录模拟加工过程中不符合要求的地方, 分析原因, 写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方: _____

原因: _____

预防措施: _____

加工实施

▲ 引导问题 10: 为了获得较好的表面加工质量, 分层变量的大小应如何设置?

▲ 引导问题 11: 将分层变量步距设置得越小越好吗? 为什么?

▲ 引导问题 12: 精加工曲面用哪种刀具可以获得更好的表面质量? 为什么?

▲ 引导问题 13: 分组讨论为什么在三轴机床上用球刀加工平坦面不能获得较高的表面质量。

小提示



半圆球零件模拟加工视频



半圆球加工方案

质量检测

按表 3-6-5 对零件进行检测，并将结果填入。

表 3-6-5 半圆球数控加工自检表

零件名称	半圆球			允许读数误差				±0.007 mm	老师评价
序号	项目	尺寸要求	使用的 量具	测量结果				项目 判定	
				No.1	No.2	No.3	平均值		
1	外形							合 否	合 否
2	高度							合 否	合 否
结论（对上述测量尺寸进行评价）			合格品 次品 废品						
处理意见									

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 3-6-6。

表 3-6-6 半圆球的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字:				年 月 日

综合评价

半圆球的数控加工综合评价表见表 3-6-7。

表 3-6-7 半圆球的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律(无迟到、早退、旷课)		10分			
2. 按照任务要求,完成任务情况	口述任务内容细节	5分			
	刀具与工艺	10分			
	编写程序	10分			
	机床操作	15分			
	零件合格与否	20分			
3. 团队合作精神和参与度		10分			
4. 安全文明操作(遵循 7S 相关制度)		10分			
5. 任务反思		10分			
总分		100分			
综合评价(自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%)		结论:			
组长签字:		教师签字:			
年 月 日		年 月 日			
备注:					

思政小故事

身残志坚，圆梦报国

有一种毅力，是忘记伤痛依旧奋力冲刺；
有一种精神，是厚积薄发只为超越自我。



身残志坚，圆梦报国

相关知识

知识点一 宏程序的概念

在编程工作中，我们经常把能完成某一功能的一系列指令像子程序那样存入存储器，用一个总指令来代表它们，使用时只需给出这个总指令就能执行其功能。所存入的这一系列指令称为用户宏程序主体，这个总指令称为用户宏程序指令，如图 3-6-3 所示。

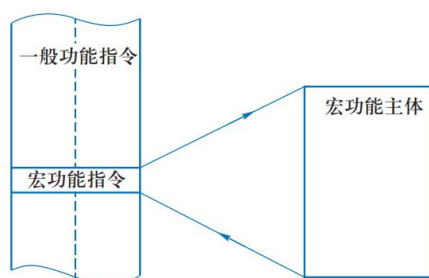


图 3-6-3 宏程序指令

下面以一个示意性的例子来说明用户宏程序的概念。

例 3-16 在图 3-6-4 中， A 、 B 、 U 、 V 的尺寸分别为 $A=20$ 、 $B=20$ 、 $U=60$ 、 $V=40$ 时，其程序为

```
O0001;
G91 G00 X20.0 Y20.0;
G01 Y20.0;
X40.0;
Y-20.0;
X-40.0;
G00 X-20.0 Y-20.0;
```

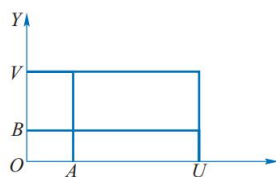


图 3-6-4 例 3-16 图

但是，当图中 A 、 B 、 U 、 V 值变化时，则需要编一个程序。实际上，我们可以将程序写为

```
O1;  
G91 G00 XA YB;  
G01 YV;  
XU;  
Y-V;  
X-U;  
G00 X-A Y-B;
```

此时，可以将其中的变量用用户宏程序中的变量 #i 来代替，字母与 #i 的对应关系为

A: #1
B: #2
U: #21
V: #22

则用户宏程序主体即可写成如下形式：

```
O9801;  
G91 G00 X#1 Y#2;  
G01 Y#22;  
X#21;  
Y-#22;  
X-#21;  
G00 X-#1 Y-#2;
```

使用时就可以用下述用户宏程序来调用：

```
G65 P9801 A20.0 B20.0 U40.0 V20.0;
```

在实际使用时，一般还需要在这一指令前加上 F、S、T 指令及进行坐标系设定等。

如上所述，加工形状相似、尺寸不同的零件时，只需改变用户宏程序的数值即可，而没有必要针对每一个零件都编一个程序。

知识点二 变量与变量的运算

一、变量的形式

变量是由符号“#”与变量号码所构成的，即

```
#i (i=1, 2, 3...)
```

例如, #5, #109, #1005。也可用#<表达式>的形式来表示, 如#[#100], #[#1001-1], #[A+B]。

二、变量的引用

在地址符后的数值可以用变量置换。例如, 若写成 F#33, 则当 #33=1.5 时, F#33 与 F1.5 相同。又如 Z-#18, 当 #18=20.0 时, 与 Z-20.0 指令相同。

但需要注意, 作为地址符的 O、N、/ 等, 不能引用变量。例如, O#27、N#1 等, 都是错误的。

三、变量的种类

1. 空变量

空变量为尚未被定义的变量, 被称为<空>。变量 #0 经常被用作<空>变量使用。该变量不能被赋值。

2. 局部变量

#1 ~ #33 为局部变量, 局部变量只能在宏程序中存储数据。当断电时, 局部变量被初始化为空; 调用宏程序时, 自变量对局部变量赋值。

3. 公共变量

#100 ~ #199、#500 ~ #999 为公共变量, 公共变量在不同的宏程序中意义相同。当断电时, 变量 #100 ~ #199 被初始化为空, 变量 #500 ~ #999 的数据不会丢失。

4. 系统变量

#1000 ~ 为系统变量, 系统变量用于读和写 CNC 系统运行时的各种数据, 如刀具的当前位置和补偿值等。

四、变量与地址（自变量）的对应关系

系统可用两种形式的自变量指定, 这里主要介绍第一种形式。表 3-6-8 为自变量指定 I 的自变量与变量的对应关系。

表 3-6-8 自变量指定 I 的自变量与变量的对应关系

地址 (自变量)	变量号	地址 (自变量)	变量号	地址 (自变量)	变量号
A	#1	I	#4	T	#20
B	#2	J	#5	U	#21
C	#3	K	#6	V	#22
D	#7	M	#13	W	#23
E	#8	Q	#17	X	#24
F	#9	R	#18	Y	#25
H	#11	S	#19	Z	#26

在自变量指定 I 中, G、L、O、N、P 不能用, 地址 I、J、K 必须按顺序使用, 其他地址顺序无要求。

例如, G65 P3000 L2 B4 A5 D6 J7 K8 是正确的 (J、K 符合顺序要求), 在宏程序中将会把 4 赋给 #2, 把 5 赋给 #1, 把 6 赋给 #7, 把 7 赋给 #5, 把 8 赋给 #6。G65 P3000 L2 B3 A4 D5 K6 J5 是不正确的 (J、K 不符合顺序要求)。

五、变量的运算

对宏程序中的变量可以进行算术运算和逻辑运算, 如表 3-6-9 所示。

表 3-6-9 变量运算功能表

类型	功能	格式	举例	备注
算术运算	加法	#i=#j+#k	#1=#2+#3	常数可以代替变量
	减法	#i=#j-#k	#1=#2-#3	
	乘法	#i=#j*#k	#1=#2*#3	
	除法	#i=#j/#k	#1=#2/#3	
三角函数运算	正弦	#i=SIN[#j]	#1=SIN[#2]	角度以度指定, 35°30' 表示为 35.5°, 常数可以代替变量
	反正弦	#i=ASIN[#j]	#1=ASIN[#2]	
	余弦	#i=COS[#j]	#1=COS[#2]	
	反余弦	#i=ACOS[#j]	#1=ACOS[#2]	
	正切	#i=TAN[#j]	#1=TAN[#2]	
	反正切	#i=ATAN[#j]	#1=ATAN[#2]	
其他函数运算	平方根	#i=SQRT[#j]	#1=SQRT[#2]	常数可以代替变量
	绝对值	#i=ABS[#j]	#1=ABS[#2]	

续表

类型	功能	格式	举例	备注
其他函数运算	舍入	#i=ROUN[#j]	#1=ROUN[#2]	常数可以代替变量
	上取整	#i=FIX[#j]	#1=FIX[#2]	
	下取整	#i=FUP[#j]	#1=FUP[#2]	
	自然对数	#i=LN[#j]	#1=LN[#2]	
	指数对数	#i=EXP[#j]	#1=EXP[#2]	
逻辑运算	与	#i=#j AND #k	#1=#2 AND #3	按位运算
	或	#i=#j OR #k	#1=#2 OR #2	
	异或	#i=#j XOR #k	#1=#2 XOR #2	
转换运算	BCD 转 BIN	#i=BIN[#j]	#1=BIN[#2]	
	BIN 转 BCD	#i=BCD[#j]	#1=BCD[#2]	

六、关系运算

用关系运算符和变量（或表达式）可组成表达式。系统中使用的关系运算符如下。

1. 等于 (EQ)

用 EQ 与两个变量（或表达式）组成表达式，当运算符 EQ 两边的变量（或表达式）相等时，表达式的值为真，否则为假。

例如，#1 EQ #2，当 #1 与 #2 相等时，表达式的值为真。

2. 不等于 (NE)

用 NE 与两个变量（或表达式）组成表达式，当运算符 NE 两边的变量（或表达式）不相等时，表达式的值为真，否则为假。

例如，#1 NE #2，当 #1 与 #2 不相等时，表达式的值为真。

3. 大于等于 (GE)

用 GE 与两个变量（或表达式）组成表达式，当左边的变量（或表达式）大于或等于右边的变量（或表达式）时，表达式的值为真，否则为假。

例如，#1 GE #2，当 #1 大于或等于 #2 时，表达式的值为真，否则为假。

4. 大于 (GT)

用 GT 与两个变量（或表达式）组成表达式，当左边的变量（或表达式）大于右边的变量（或表达式）时，表达式的值为真，否则为假。

例如，#1 GT #2，当 #1 大于 #2 时，表达式的值为真，否则为假。

5. 小于等于 (LE)

用 LE 与两个变量 (或表达式) 组成表达式, 当左边的变量 (或表达式) 小于或等于右边的变量 (或表达式) 时, 表达式的值为真, 否则为假。

例如, #1 LE #2, 当 #1 小于或等于 #2 时, 表达式的值为真, 否则为假。

6. 小于 (LT)

用 LT 与两个变量 (或表达式) 组成表达式, 当左边的变量 (或表达式) 小于右边的变量 (或表达式) 时, 表达式的值为真, 否则为假。

例如, #1 LT #2, 当 #1 小于 #2 时, 表达式的值为真, 否则为假。

七、运算优先级

运算符的优先顺序如下:

- (1) 函数的优先级最高。
- (2) 乘、除、与运算的优先级次于函数的优先级。
- (3) 加、减、或、异或运算的优先级次于乘、除、与运算。
- (4) 关系运算的优先级最低。

用方括号可以改变优先级, 括号不能超过 5 层。超过 5 层时, 发出 P/S 报警 No.111。

知识点三 B 类型的用户宏程序

用户宏程序功能有 A、B 两种, 这里主要介绍 B 类型用户宏程序的基本使用方法。

一、宏程序结构

宏程序的结构有顺序结构、分支结构和循环结构。本知识点介绍分支结构和循环结构的实现方法。

1. 分支结构

- (1) 无条件转移 (GOTO)。

格式: GOTO n;

说明: n 为顺序号 (1 ~ 9999)。

例如:

GOTO 6;

语句组

N6 G00 X100;

执行 GOTO 6 语句时，转去执行标号为 N6 的程序段。

(2) 条件转移 (IF)。

格式：

IF[关系表达式]

GOTO n;

例如：

IF[#1 GT 30]

GOTO 7;

语句组；

N7 G00 X100 Y5;

如果 #1 大于 30，那么转去执行标号为 N7 的程序段，否则执行 GOTO 7 下面的语句组。

(3) 条件语句 (IF)。

格式：IF[表达式]THEN

说明：THEN 后只能跟一个语句。

例如：

IF[#1 EQ #2] THEN #3=0;

当 #1 等于 #2 时，将 0 赋给变量 #3。

2. 循环结构

格式：

WHILE[关系表达式]DO m;

语句组；

END m;

说明：当条件表达式成立时，执行从 DO 到 END 之间的程序，否则转去执行 END 后面的程序段。

例如：

#1=5;

WHILE[#1 LE 30]DO 1;

#1=#1+5;

G00 X#1 Y#1;

END 1;

M99;

当 #1 小于等于 30 时, 执行循环程序; 当 #1 大于 30 时结束循环返回主程序。

二、宏程序的调用与返回

1. 宏程序的简单调用

宏程序的简单调用是指在主程序中, 宏程序可以被单个程序段单次调用。

调用指令格式: G65 P(宏程序号) L(重复次数)(变量分配);

其中: G65——宏程序调用指令;

P(宏程序号)——被调用的宏程序代号;

L(重复次数)——宏程序重复运行的次数, 重复次数为 1 时, 可省略不写;

(变量分配)——宏程序中使用的变量赋值。

宏程序与子程序相同的一点是, 一个宏程序可被另一个宏程序调用, 最多嵌套 4 层。

2. 宏程序的开始与返回

宏程序的编写格式与子程序相同, 其格式为

```
O0010 (0001 ~ 8999 为宏程序号)      // 程序名
N10 .....                          // 指令
.....
N30 M99;                               // 宏程序结束
```

例 3-17 利用宏程序功能编制如图 3-6-5 所示的零件加工程序。

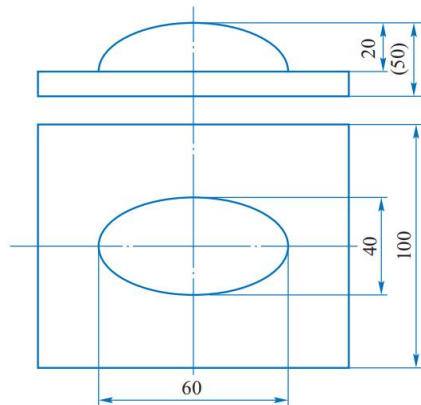


图 3-6-5 例 3-17 图

解 参考程序如下:

程序段号	程序	程序说明
O0012;		
N10	G54;	建立工件坐标系
N20	G90 G94 G00 X0 Y0;	X、Y轴定位到中心
N30	Z21;	Z轴定位到上表面 1 mm
N40	#1=0;	Z轴分层结束角度
N50	#2=20;	椭圆短半轴长度
N60	#3=30;	椭圆长半轴长度
N70	#4=1;	Z轴分层步长
N80	#5=90;	Z轴分层起始角度
N90	WHILE[#5 GE #1] DO 1;	Z轴分层循环开始
N100	#6=#3*COS[#5]+4;	计算分层起点 X 坐标 (分层长半轴 + 刀具半径)
N110	#7=#2*SIN[#5];	计算分层起点 Z 坐标
N120	G01 X[#6] F800;	X 到达起点
N130	Z[#7];	Z 到达起点
N140	#8=360;	椭圆结束角度
N150	#9=0;	椭圆起始角度
N160	WHILE[#9 LE #8] DO 2	平面椭圆循环开始
N170	#10=#6*COS[#9];	计算平面椭圆 X 坐标
N180	#11=#6*SIN[#9]*2/3;	计算平面椭圆 Y 坐标
N190	G01 X[#10] Y[#11] F800;	直线拟合平面椭圆
N200	#9=#9+1;	平面椭圆角度变量
N210	END 2;	平面椭圆循环结束
N220	#5=#5-#4;	Z轴分层角度变量
N230	END 1;	Z轴分层循环结束
N240	G00 Z100;	抬刀
N250	M05;	主轴停止
N260	M02;	程序结束



椭圆球模拟加工视频

项目四 数控铣削实战强化

任务一 中级实操练习件

任务描述

在数控铣床上完成如图 4-1-1 所示工件的编程与加工，工时定额（包括编程与程序手动输入）为 4 小时。

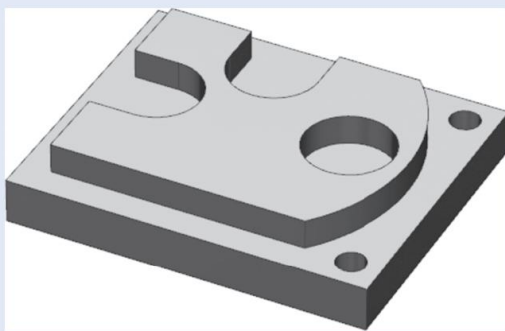


图 4-1-1 中级实操练习件 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及中级实操练习件图，正确识读中级实操练习件零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息。	
2	能根据数控铣床编程手册，完成由平面、轮廓、孔组成的数控铣加工程序的编写。	
3	能正确选择加工刀具。	

任务目标

知识目标

1. 掌握外轮廓、内型腔加工方法；
2. 掌握铰孔工艺。

能力目标

1. 掌握铰圆孔方法；
2. 掌握中级工考试流程。

素质目标

1. 培养动手能力；
2. 培养安全意识、创新精神。

任务分析

任务书

完成如图4-1-2所示中级实操练习件的平面、轮廓及孔的加工并保证各项精度。

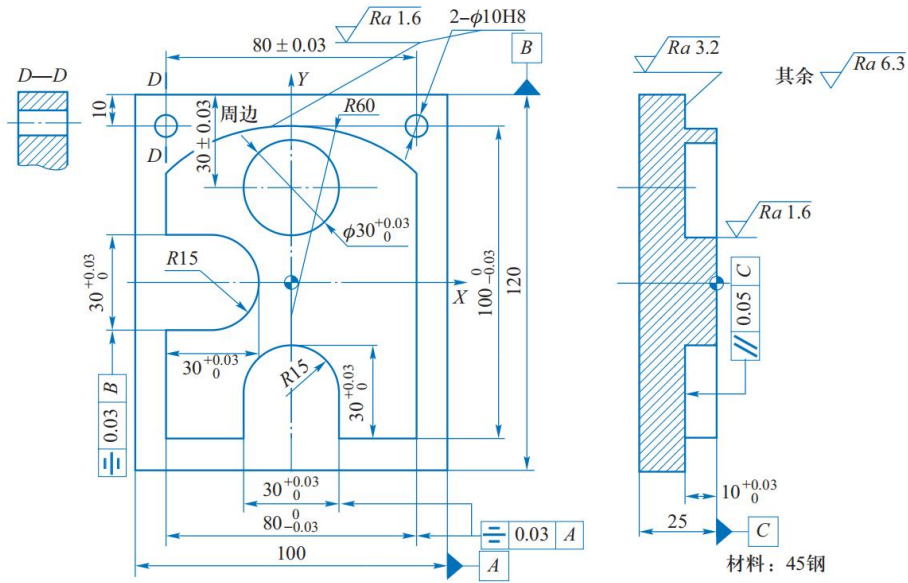


图 4-1-2 中级实操练习件 2D 图

获取信息

▲ 引导问题 1: 本任务毛坯是什么材料? 毛坯是否为预加工件? 毛坯是否有几何公差要求?

▲ 引导问题 2: 零件图中是否有需要计算的基点? 写出计算过程及结果。

小提示

基点、节点概念

一个零件的轮廓往往是由许多不同的几何元素组成的, 如直线、圆弧、二次曲线及其他解析曲线等, 构成零件轮廓的这些不同几何元素的连接点称为基点。

轮廓的基点可以直接作为其运动轨迹的起点或终点。

数控机床都具有直线和圆弧插补功能，在计算基点时，只需计算轨迹的起点或终点在选定坐标系中的各坐标值和圆弧运动轨迹的圆心坐标值。

当采用不具备非圆曲线插补功能的数控机床加工非圆曲线轮廓的零件时，在加工程序的编制工作中，常常需要用直线或圆弧去近似替代非圆曲线，这种方法称为拟合处理。拟合线段的交点或切点就称为节点。

▲ 引导问题 3：找出零件图中所有的几何公差，分析加工时如何保证，并填写表 4-1-1。

表 4-1-1 中级实操练习件数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5			
6	表面质量要求		
7			

▲ 引导问题 4：对于零件图中标注的尺寸公差，加工时怎么保证？

工作计划

▲ 引导问题 5：根据加工零件，选择合适的机床设备和刀、量、夹具，并说明选择原因，根据选择完成表 4-1-2。

表 4-1-2 中级实操练习件数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

▲ 引导问题 6: 分组讨论该零件的定位基准, 合理拟定零件加工的工艺路线。

▲ 引导问题 7: 分析并合理制定内轮廓 $\phi 30_0^{+0.03}$ 的加工方法。

▲ 引导问题 8: 2- $\phi 10H8$ 孔精加工应该用铰还是镗更合理? 为什么?

▲ 引导问题 9: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 4-1-3)。

表 4-1-3 中级实操练习件数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					

▲ 引导问题 10: 编写程序, 填写表 4-1-4。

▲ 引导问题 15: 粗加工 $2-\phi 10H8$ 孔时需要用到深孔钻削循环指令 G83 吗? 说明理由。

 小提示



中级实操练习件加工方案

质量检测

按表 4-1-5 对零件进行检测, 并将结果填入表中。

表 4-1-5 中级实操练习件的数控加工自检表

零件名称	中级实操练习件			允许读数误差	± 0.007 mm				老师评价	
序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果				项目判定		
				No.1	No.2	No.3	平均值			
1	外形							合 否	合 否	
2	外形							合 否	合 否	
3	外形							合 否	合 否	
4	内轮廓							合 否	合 否	
5	孔							合 否	合 否	
6	高度							合 否	合 否	
结论 (对上述测量尺寸进行评价)			合格品 次品 废品							
处理意见										

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 4-1-6。

表 4-1-6 中级实操练习件的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

中级实操练习件的数控加工综合评价表见表 4-1-7。

表 4-1-7 中级实操练习件的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10 分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5 分			
	刀具与工艺	10 分			
	编写程序	10 分			
	机床操作	15 分			
	零件合格与否	20 分			
3. 团队合作精神和参与度		10 分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10 分			
5. 任务反思		10 分			
总分		100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字：		教师签字：			
		年 月 日		年 月 日	
备注：					

思政小故事

中国精神

一个民族的复兴不仅需要强大的物质力量，也需要强大的精神力量。实现中国梦必须弘扬中国精神，这就是以爱国主义为核心的民族精神、以改革创新为核心的时代精神。



中国精神

任务二 高级实操练习件

任务描述

在数控铣床上完成如图 4-2-1 所示工件的编程与加工，工时定额（包括编程与程序手动输入）为 4 小时。

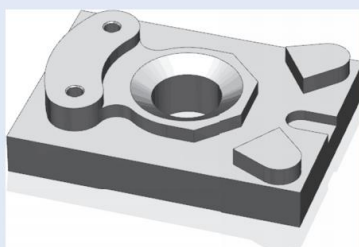


图 4-2-1 高级实操练习件 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据机械制图国家标准及高级实操练习件图，正确识读高级实操练习件零件形状特征、零件加工精度、技术要求等信息	
2	能根据数控铣床编程手册，完成由平面、轮廓、孔及曲面组成的数控铣加工程序的编写	
3	能正确选择加工刀具	

任务目标

知识目标

1. 掌握坐标旋转指令加工方法；
2. 掌握宏程序编程方法。

能力目标

1. 能正确掌握阶梯轮廓加工工艺；
2. 能掌握球面加工方法。

素质目标

1. 培养自主学习和管理时间的习惯；
2. 培养严谨细致、专注负责、精益求精的精神。

任务分析

任务书

完成如图 4-2-2 所示高级实操练习件的所有面上的元素，使其达到图纸各项要求。

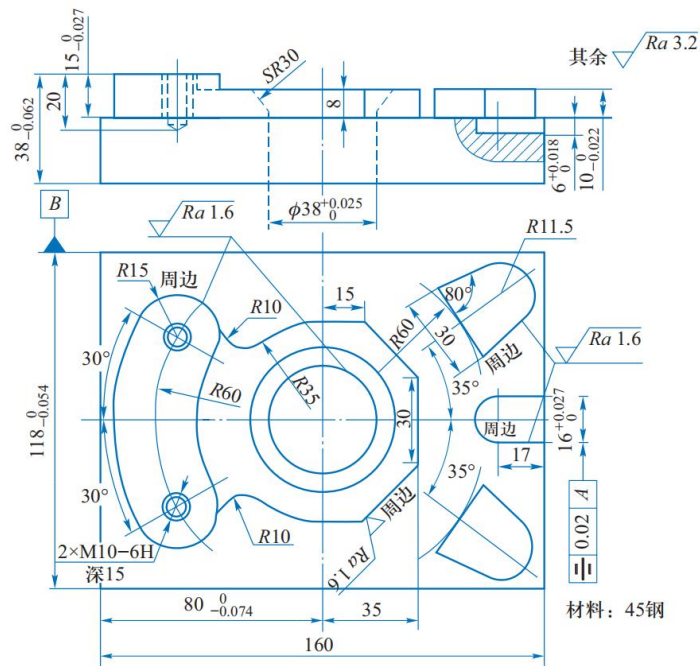


图 4-2-2 高级实操练习件 2D 图

获取信息

▲ 引导问题 1: 本任务毛坯是什么材料? 有几个面需要加工? 需要几次装夹?

▲ 引导问题 2: 为提高编程效率, 加工零件图中两个 35° 的凸台应该如何编程?

▲ 引导问题 3: $2 \times M10$ 螺纹孔螺距是多少? 用多大的钻头加工底孔? 用哪个固定循环指令加工螺纹? 进给速度如何给定? 填写表 4-2-1。

表 4-2-1 高级实操练习件数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5			
6	表面质量要求		
7			

▲ 引导问题 4: 零件图中 $SR30$ 用什么编程方式?

工作计划

▲ 引导问题 5: 零件图中, 外轮廓最大刀具直径不能大于多少? 为什么?

▲ 引导问题 6: 零件图中 $\phi 38_{0}^{+0.025}$ 孔适合用什么方法精加工? 为什么?

引导问题 7: $\phi 38_0^{+0.025}$ 孔可以用铣刀铣孔成品吗? 为什么?

引导问题 8: 根据对加工设备和工具的分析结果, 填写表 4-2-2。

表 4-2-2 高级实操练习件数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

引导问题 9: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 4-2-3)。

表 4-2-3 高级实操练习件数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					

引导问题 10: 编写程序, 填写表 4-2-4。

加工实施

▲ 引导问题 12: 零件图中两个 35° 的凸台可以使用镜像功能加工吗? 和使用坐标旋转功能加工相比, 它们的区别是什么?

小提示

镜像功能改变了原来的铣削方式。

▲ 引导问题 13: 加工左边腰形凸台时对于两层台阶应如何安排先后顺序? 为什么?

▲ 引导问题 14: 加工 $SR30$ 圆弧面时选用什么刀具? 说明你选择的理由。

▲ 引导问题 15: 如何提高曲面的加工效率?

小提示



高级实操练习件加工方案

质量检测

按表 4-2-5 对零件进行检测, 并将结果填入。

表 4-2-5 高级实操练习件的数控加工自检表

零件名称	高级实操练习件			允许读数误差						老师评价	
序号	项目	尺寸要求	使用的 量具	测量结果				项目 判定			
				No.1	No.2	No.3	平均 值				
1	外形							合	否	合	否
2	外形							合	否	合	否
3	外形							合	否	合	否
4	内轮廓							合	否	合	否
5	孔							合	否	合	否
6	高度							合	否	合	否
结论（对上述测量尺寸进行评价）			合格品 次品 废品								
处理意见											

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 4-2-6。

表 4-2-6 高级实操练习件的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

高级实操练习件的数控加工综合评价表见表 4-2-7。

表 4-2-7 高级实操练习件的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5分			
	刀具与工艺	10分			
	编写程序	10分			
	机床操作	15分			
	零件合格与否	20分			
3. 团队合作精神和参与度		10分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10分			
5. 任务反思		10分			
总分		100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字：_____		教师签字：_____		_____	
_____ 年 月 日		_____ 年 月 日		_____ 年 月 日	
备注：					

思政小故事

抗战精神

伟大抗战精神的内涵包括天下兴亡、匹夫有责的爱国情怀，视死如归、宁死不屈的民族气节，不畏强暴、血战到底的英雄气概，百折不挠、坚忍不拔的必胜信念，众志成城、共御外侮的大局意识。



抗战精神

任务三 企业案例练习件

任务描述

在数控铣床上完成如图 4-3-1 所示端面刀夹的编程与加工，工时定额（包括编程与程序手动输入）为 4 小时。

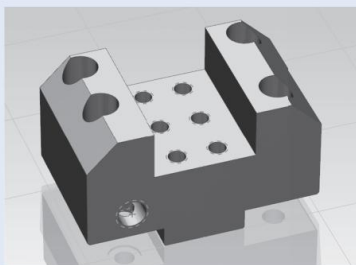


图 4-3-1 端面刀夹 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据加工工艺文件要求，完成刀具、量具和夹具的选用	
2	能根据端面刀夹的加工工艺文件及加工现场情况，完成刀具偏置参数、刀具补偿参数及刀具磨损参数设置	
3	能根据零件图、机械加工工艺文件要求，使用相应量具或量仪，完成端面刀夹加工精度的检测	

任务目标

知识目标

1. 掌握零件各尺寸、形状的设计目的；

2. 了解企业工艺编制方法。

能力目标

1. 能掌握工件的用途；
2. 能保证工件各处公差合格。

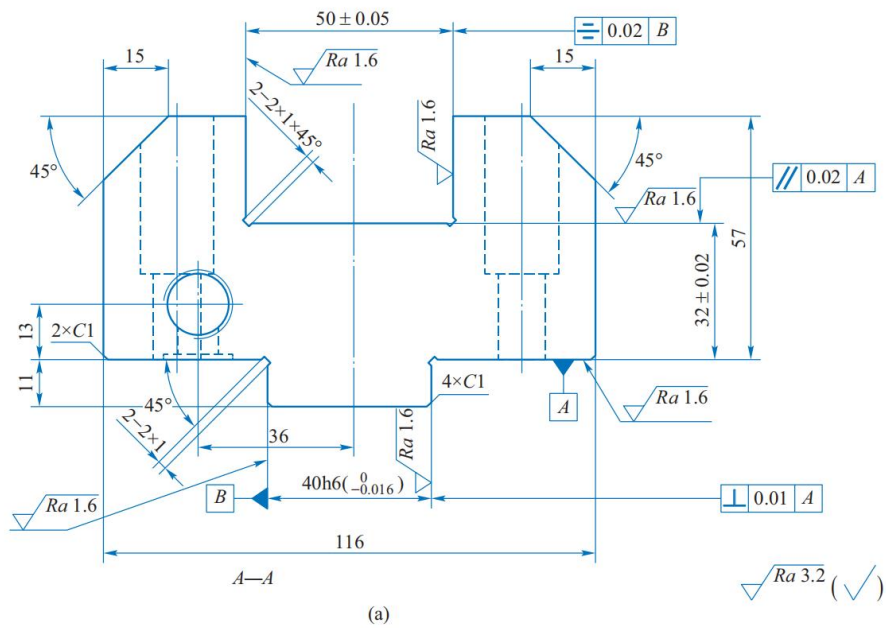
素质目标

1. 培养实事求是的工作作风和创新意识；
2. 培养职业的认同感、责任感、荣誉感、使命感。

任务分析

任务书

分析端面刀夹图纸（见图 4-3-2），了解它的用途，找出装配定位基准及重要几何公差，并完成该零件的加工，使其达到图纸各项要求。



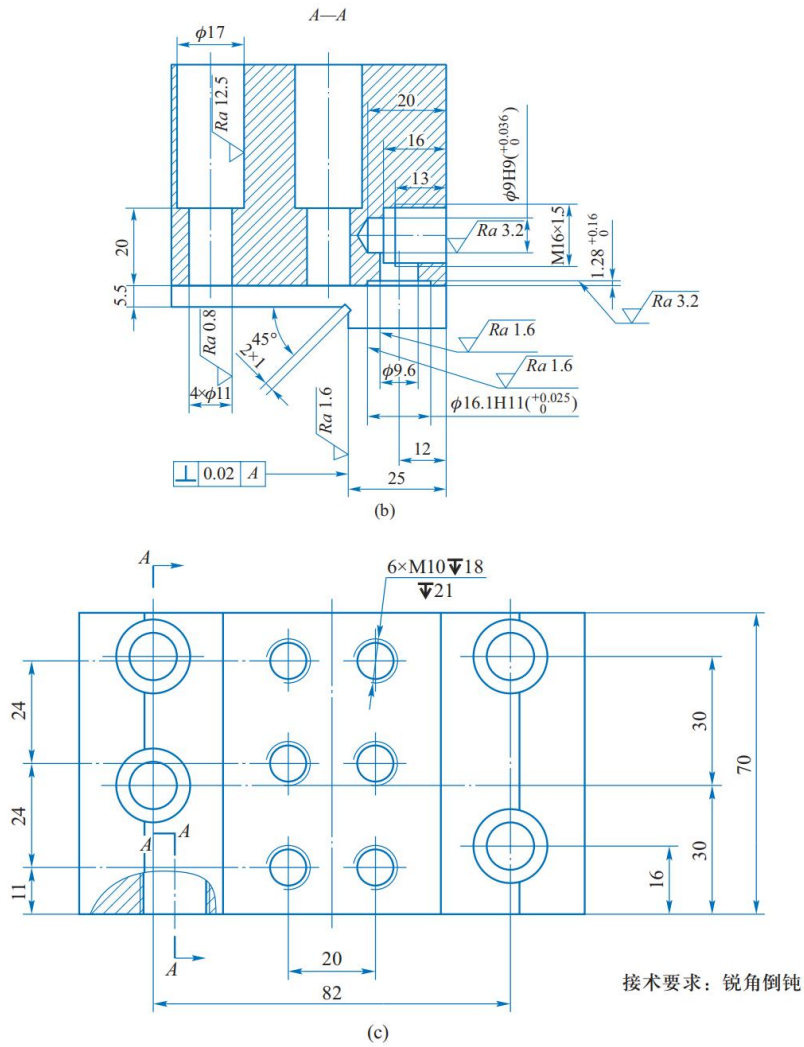


图 4-3-2 端面刀夹 2D 图

(a) 主视图; (b) 左视图; (c) 俯视图

获取信息

▲ 引导问题 1: 端面刀夹的用途是什么? 哪些面是装配定位面? 哪些面是工作面?

▲ 引导问题 2：本加工任务中重要的几何公差有哪几个？加工过程中如何保证？填写表 4-3-1。

表 4-3-1 端面刀夹数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5			
6	表面质量要求		
7			

▲ 引导问题 3：试分析左视图中 $\phi 16.1H11_0^{+0.025}$ 孔的作用。

▲ 引导问题 4：如果是单件小批量加工，零件图中 4- $\phi 17$ 孔应该如何加工？为什么？

工作计划

▲ 引导问题 5：加工顶面时工件应该如何装夹才能更好地保证 50 ± 0.05 尺寸与 B 面对称？

▲ 引导问题 6：零件图中 2- $15 \times 45^\circ$ 倒角的作用是什么？应该如何加工？

▲ 引导问题 7：零件图中 2- $15 \times 45^\circ$ 倒角和 4- $\phi 17$ 孔的加工先后顺序如何确定？

如果顺序反了会有什么后果？

▲ 引导问题 8：根据对所需加工设备及工具的分析结果，填写表 4-3-2。

表 4-3-2 端面刀夹数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

▲ 引导问题 9：根据加工路线和刀具表，填写数控加工工艺卡片（见表 4-3-3）。

表 4-3-3 端面刀夹数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					

▲ 引导问题 10：编写程序，填写表 4-3-4。

加工实施

▲ 引导问题 12: 零件图中 50 ± 0.05 槽, 深度 25, 粗加工时需去除的余量很大, 那么如何合理安排加工方法来提高加工效率?

 小提示

动态铣削

动态铣削是机床的一种加工工艺, 这种工艺仅局限于使用 CAD/CAM 控制的铣床。这在过去是一种先进的技术, 而现在 CAD/CAM 已成为行业标准。因此, 动态铣削策略变得越来越重要, 它能提高加工可靠性和生产效率。

1. 铣削方式稳定

动态铣削采用剥铣的方法, 从而保证在整个加工过程中始终采用顺铣的方式。刀具按照加工参数所设定的步进量(行距)逐层剥铣, 在每层加工完毕后可微量提刀, 快速移动至下一层需要加工的位置, 从而保证沿着刀具前进的方向, 刀具永远在工件的左侧, 即顺铣方式。

2. 切削力稳定

在加工过程中, 动态铣削不会出现“满刀”切削的情况。在实际加工过程中, 编程人员可根据刀具材料、工件材料及切削用量等合理设置每次加工的进给量。动态铣削方式将每次加工的切削宽度控制在步进量以下, 使刀具承受的切削力保持在一定水平以下。同时, 在动态铣削方式下获得的刀具路径, 在转折处均有圆弧连接, 使得刀具运动过程平稳。

▲ 引导问题 13: 左视图中 $\phi 9H9$ 孔, 深度 20, 在加工过程中需严格控制深度。如果深度过大有可能与 $4-\phi 17$ 孔相通, 那么会有什么后果?

 小提示



企业案例练习件加工方案

质量检测

按表 4-3-5 对零件进行检测，并将结果填入。

表 4-3-5 端面刀夹的数控加工自检表

零件名称	端面刀夹			允许读数误差				± 0.007 mm	老师评价		
	序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果						项目判定
					No.1	No.2	No.3	平均值			
1	外形							合 否	合 否		
2	外形							合 否	合 否		
3	外形							合 否	合 否		
4	内轮廓							合 否	合 否		
5	孔							合 否	合 否		
6	高度							合 否	合 否		
结论（对上述测量尺寸进行评价）			合格品 次品 废品								
处理意见											

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 4-3-6。

表 4-3-6 端面刀夹的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

端面刀夹的数控加工综合评价表见表 4-3-7。

表 4-3-7 端面刀夹的数控加工综合评价表

评价内容	配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）	10分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5分		
	刀具与工艺	10分		
	编写程序	10分		
	机床操作	15分		
	零件合格与否	20分		
3. 团队合作精神及参与度	10分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）	10分			
5. 任务反思	10分			
总分	100分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）	结论：			
组长签字：	年 月 日	教师签字：	年 月 日	
备注：				

思政小故事

长征精神

伟大长征精神，就是把全国人民和中华民族的根本利益看得高于一切，
坚定革命的理想和信念，坚信正义事业必然胜利的精神……



长征精神

项目五 1+X 考证实战

任务一 数控车铣加工初级实践

任务描述

1. 按照任务书要求，完成零件（见图 5-1-1）的加工。
2. 根据自检表完成零件的部分尺寸自检。

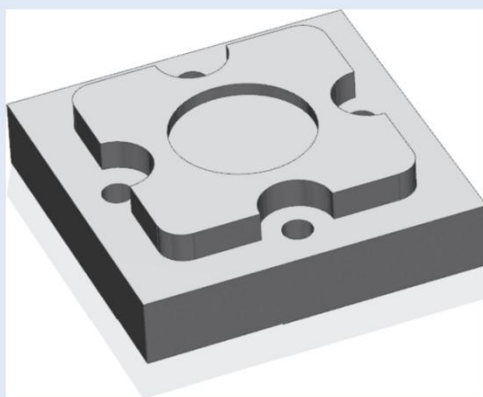


图 5-1-1 1+X 车铣加工初级练习件 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级 / 中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据车铣零件加工工作任务要求和机械加工过程卡，分析车铣零件加工工艺，并能对车铣零件加工工艺进行优化调整	
2	能根据机械加工工艺规范及车铣零件机械加工过程卡，以及现场提供的数控机床及工艺设备，完成车铣零件数控加工工序卡的编制	
3	能根据车铣配合件加工要求，使用数控机床完成零件的车铣加工	

任务目标

知识目标

1. 掌握内、外轮廓加工方法；
2. 掌握钻孔加工方法。

能力目标

1. 能掌握 1+X 数控车铣加工初级的铣削考证内容；
2. 能独立完成零件的加工。

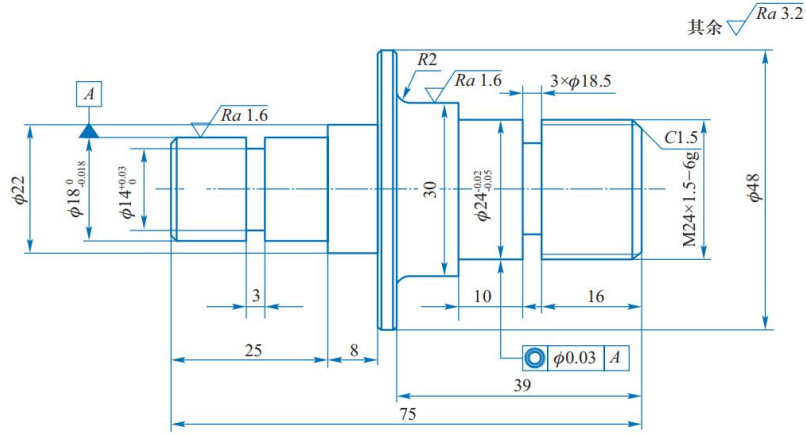
素质目标

1. 培养爱岗敬业、诚实守信、自觉履行各项职责的良好品质；
2. 培养认真负责、一丝不苟的职业素养，增强质量和成本意识。

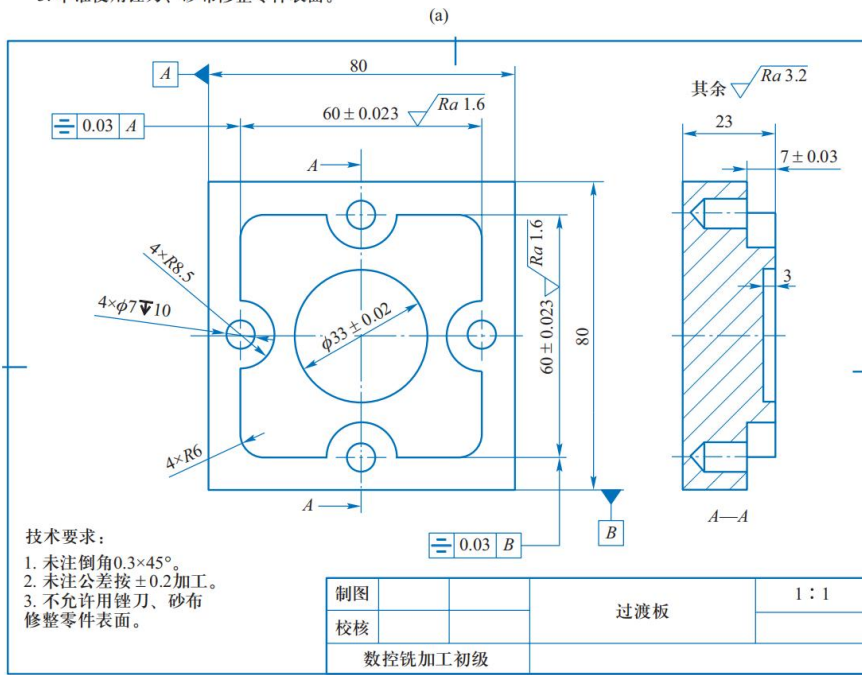
任务分析

任务书

分析车铣加工图纸（见图 5-1-2），编程并完成零件的加工，使其达到图纸各项要求。



- 技术要求：
 1. 未注倒角C0.5。
 2. 未注公差按±0.1加工。
 3. 不准使用锉刀、砂布修整零件表面。



- 技术要求：
 1. 未注倒角0.3×45°。
 2. 未注公差按±0.2加工。
 3. 不允许用锉刀、砂布修整零件表面。

制图		过渡板	1:1
校核			
数控铣加工初级			

图 5-1-2 1+X 车铣加工初级练习件 2D 图

获取信息

▲ 引导问题 1: 认真识读图纸, 分析零件图中有无错误或表达不清楚的地方。

▲ 引导问题 2: 车加工件中是否需要掉头加工? 要注意什么问题?

▲ 引导问题 3: 分析铣加工件需要几次装夹, 定位面怎么确定; 分析主要加工尺寸、几何公差要求、表面质量要求, 并填写表 5-1-1。

表 5-1-1 1+X 车铣加工初级练习件数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5			
6	表面质量要求		
7			

▲ 引导问题 4: 轮廓铣削需要用到几把立铣刀? 说明理由。

工作计划

▲ 引导问题 5: 计算车加工件中 M24 × 1.5-6g 螺纹小径尺寸及走刀次数。

▲ 引导问题 6: 车加工件中如何保证 75 总长?

▲ 引导问题 7: 铣加工件中, 轮廓粗加工应该留多大余量合适?

▲ 引导问题 8: 根据对所需加工设备和工具的分析结果, 填写表 5-1-2。

表 5-1-2 1+X 车铣加工初级练习件数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

▲ 引导问题 9: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 5-1-3)。

表 5-1-3 1+X 车铣加工初级练习件数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

▲ 引导问题 10: 编写程序, 填写表 5-1-4。

表 5-1-4 1+X 车铣加工初级练习件数控加工程序

程序段号	程序	程序段号	程序

▲ 引导问题 11：模拟加工。记录模拟加工过程中不符合要求的地方，分析原因，写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方：_____

原因：_____

预防措施：_____



1+X 车铣加工初级练习件视频

加工实施

▲ 引导问题 12：车加工中，外圆粗加工用什么指令？ a_p 设置多少较合适？

▲ 引导问题 13：铣加工中，轮廓加工选用多大尺寸的铣刀？内、外轮廓粗加工各需要走多少刀才能将余量去除干净？

 小提示



1+X 初级实操零件加工方案

质量检测

按表 5-1-5 对零件进行检测，并将结果填入。

表 5-1-5 1+X 车铣加工初级练习件的数控加工自检表

零件名称	1+X 车铣加工初级练习件			允许读数误差				项目判定	老师评价
序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果					
				No.1	No.2	No.3	平均值		
1	外径							合 否	合 否
2	外径							合 否	合 否
3	外径							合 否	合 否
4	螺纹							合 否	合 否
5	总长							合 否	合 否
6	外形							合 否	合 否
7	外形							合 否	合 否
8	内轮廓							合 否	合 否
9	孔							合 否	合 否
10	高度							合 否	合 否
结论（对上述测量尺寸进行评价）			合格品 次品 废品						
处理意见									

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 5-1-6。

表 5-1-6 1+X 车铣加工初级练习件的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：				年 月 日

综合评价

1+X 车铣加工初级练习件的数控加工综合评价表见表 5-1-7。

表 5-1-7 1+X 车铣加工初级练习件的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10 分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5 分			
	刀具与工艺	10 分			
	编写程序	10 分			
	机床操作	15 分			
	零件合格与否	20 分			
3. 团队合作精神和参与度		10 分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10 分			
5. 任务反思		10 分			
总分		100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字：_____		教师签字：_____		_____	
		年 月 日		年 月 日	
备注：					

思政小故事

大国工匠

“工匠精神”一直以来就是耐心、专注、坚持、严谨、一丝不苟、精益求精。

“大国工匠”中的几位高级技师，生产的都是飞机、火箭、高铁、轮船，是一批质量要求相当高的产品，如有0.1%的质量问题，飞机、火箭可能坠落，高铁可能脱轨，轮船可能沉没，这些产品要求的是100%的质量保证。

任务二 数控车铣加工中级实践

任务描述

1. 按照任务书要求，完成零件（见图 5-2-1）的加工。
2. 根据自检表完成零件的部分尺寸自检。
3. 按照任务书完成零件的装配。

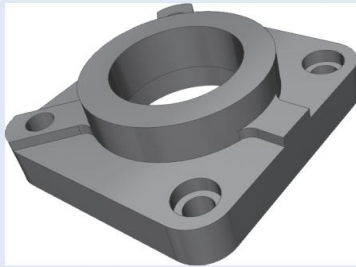


图 5-2-1 1+X 车铣加工中级练习件 3D 图

证书技能要求

数控车铣加工“1+X”职业技能等级证书（初级/中级）		
序号	证书技能要求	备注
1	能根据车铣配合件加工工作任务要求和机械加工过程卡，分析车铣配合件加工工艺，并能对车铣配合件加工工艺进行优化调整	
2	能根据机械加工工艺规范和车铣配合件机械加工过程卡，以及现场提供的数控机床及工艺设备，完成车铣配合件数控加工工序卡的编制	
3	能根据车铣配合件加工要求，使用数控机床完成车铣配合件的加工	

任务目标

知识目标

1. 熟练运用一种 CAM 软件完成计算机编程；

2. 掌握一种程序传输方法。

能力目标

1. 能掌握 1+X 数控车铣加工中级的车铣考证内容；
2. 能处理好加工工艺的顺序。

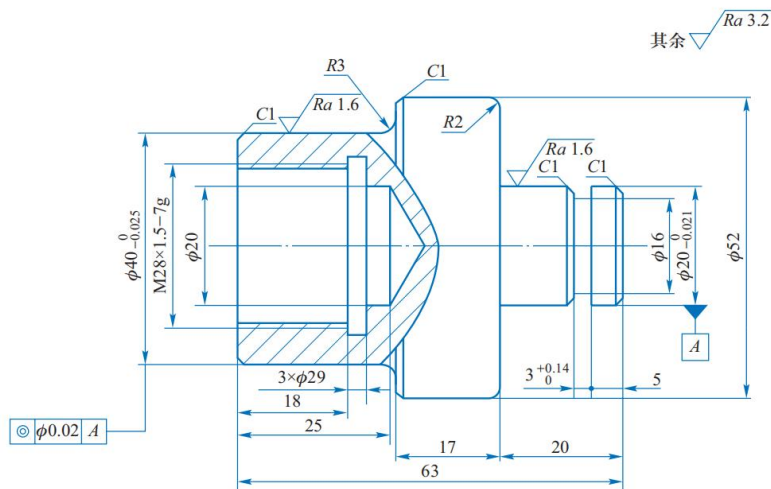
素质目标

1. 注重学习、不断创新、着力提高业务水平；
2. 培养分析问题、解决问题的能力。

任务分析

任务书

分析车铣加工配合件图纸 (见图 5-2-2), 编程并完成该零件的加工, 使其达到图纸各项要求。



技术要求:

1. 未注倒角 $C0.5$ 。
2. 未注公差按 ± 0.1 加工。
3. 不准使用锉刀、砂布修整零件表面。

(a)

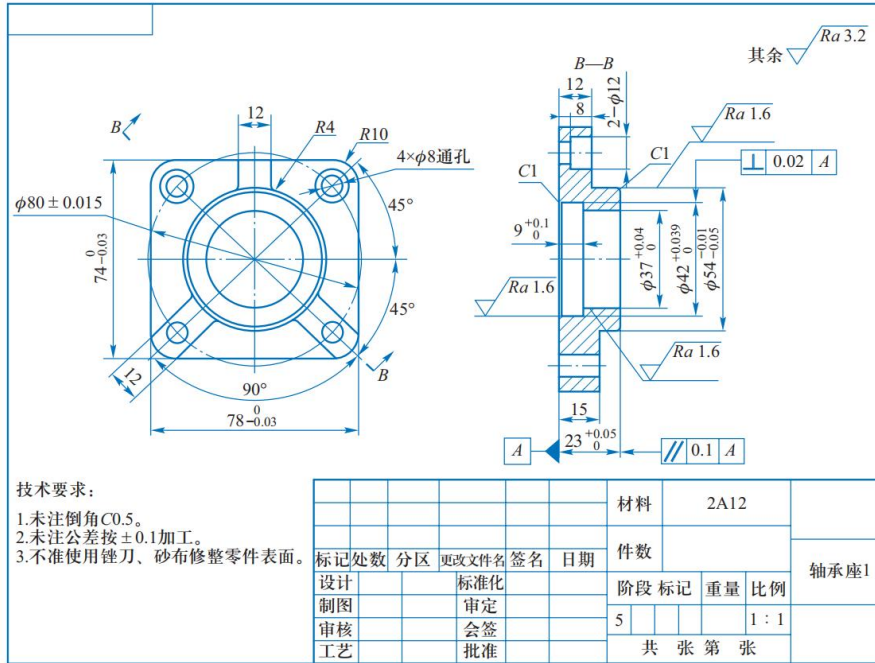


图 5-2-2 1+X 车铣加工中级练习件 2D 图

获取信息

▲ 引导问题 1: 认真识读图纸, 分析车铣配合件图中有无错误或表达不清楚的地方。

▲ 引导问题 2: 车铣加工件配合面是哪些? 加工过程中要注意什么?

▲ 引导问题 3: 分析车铣加工件各需要几次装夹, 定位面怎么确定; 分析主要加工尺寸、几何公差要求、表面质量要求, 并填写表 5-2-1。

表 5-2-1 1+X 车铣加工中级练习件数控加工尺寸数据

序号	项目	内容	偏差范围
1	主要加工尺寸		
2			
3			
4	几何公差要求		
5			
6	表面质量要求		
7			

▲ 引导问题 4：铣加工中外轮廓铣削用的铣刀直径主要选择依据是什么？用多大尺寸的刀具合适？

工作计划

▲ 引导问题 5：计算车加工件中 M28 × 1.5-7g 螺纹小径尺寸及走刀次数。

▲ 引导问题 6：确定铣加工练习件的加工顺序。

▲ 引导问题 7：铣加工件中，2-φ12 孔应如何加工？

▲ 引导问题 8：根据对所需加工设备和工具的分析结果，填写表 5-2-2。

表 5-2-2 1+X 车铣加工中级练习件数控加工机床设备和刀、量、夹具

序号	名称	规格及型号	数量
1			
2			
3			

续表

序号	名称	规格及型号	数量
4			
5			
6			
7			
8			
9			

引导问题 9: 根据加工路线和刀具表, 填写数控加工工艺卡片 (见表 5-2-3)。

表 5-2-3 1+X 车铣加工中级练习件数控加工工艺卡片

工步号	工步内容	刀具号	$n/(r/min)$	$v_f/(mm/min)$	a_p/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

引导问题 10: 编写程序, 填写表 5-2-4。

表 5-2-4 1+X 车铣加工中级练习件数控加工程序

程序段号	程序	程序段号	程序

▲ 引导问题 11: 模拟加工。记录模拟加工过程中不符合要求的地方, 分析原因, 写出预防措施或改进方法。

不符合要求的地方: _____

原因: _____

预防措施: _____



1+X 车铣加工中级练习件模拟加工视频

加工实施

▲ 引导问题 12: 铣加工工件装夹时, 需保证毛坯伸出钳口的高度是多少?

▲ 引导问题 13: 铣加工中, 掉头装夹后如何建立工件坐标系?

小提示



1+X 中级实操零件加工方案

质量检测

按表 5-2-5 对零件进行检测, 并将结果填入。

表 5-2-5 1+X 车铣加工中级练习件的数控加工自检表

零件名称	1+X 车铣加工中级练习件			允许读数误差				± 0.007 mm	老师评价	
	序号	项目	尺寸要求	使用的量具	测量结果					项目判定
					No.1	No.2	No.3	平均值		
1	外径							合 否	合 否	
2	外径							合 否	合 否	
3	外径							合 否	合 否	
4	螺纹							合 否	合 否	
5	总长							合 否	合 否	
6	外形							合 否	合 否	
7	外形							合 否	合 否	
8	内轮廓							合 否	合 否	
9	孔							合 否	合 否	
10	高度							合 否	合 否	
结论 (对上述测量尺寸进行评价)			合格品 次品 废品							
处理意见										

任务反思

根据质量检测结果进行小组讨论，分析废品种类、产生废品的原因及预防措施，并填写表 5-2-6。

表 5-2-6 1+X 车铣加工中级练习件的数控加工个人反思表

序号	废品种类	产生原因	预防措施	备注
1				
2				
3				
心得体会				
本人签字：			年 月 日	

综合评价

1+X 车铣加工中级练习件的数控加工综合评价表见表 5-2-7。

表 5-2-7 1+X 车铣加工中级练习件的数控加工综合评价表

评价内容		配分	自我评价	小组评价	教师评价
1. 纪律（无迟到、早退、旷课）		10 分			
2. 按照任务要求，完成任务情况	口述任务内容细节	5 分			
	刀具与工艺	10 分			
	编写程序	10 分			
	机床操作	15 分			
	零件合格与否	20 分			
3. 团队合作精神和参与度		10 分			
4. 安全文明操作（遵循 7S 相关制度）		10 分			
5. 任务反思		10 分			
总分		100 分			
综合评价（自我评价 × 20% + 小组评价 × 30% + 教师评价 × 50%）		结论：			
组长签字：		教师签字：			
		年 月 日		年 月 日	
备注：					

思政小故事

全国技能大赛冠军于婷婷

从一个农村“打工妹”成长为全国技能大赛冠军，她就是中华人民共和国第一届职业技能大赛餐厅服务项目金牌获得者于婷婷。



全国技能大赛冠军于婷婷

REFERENCES | 参考文献

- [1] 赵金凤, 陈秋霞. 数控车床编程与加工: 工作任务书. 北京: 中国轻工业出版社, 2016.
- [2] 蔡跃. 职业教育活页式教材开发指导手册. 上海: 华东师范大学出版社, 2020.
- [3] 刘彩琴, 等. 职业教育工学结合课程开发与实施. 北京: 北京师范大学出版社, 2014.
- [4] 林岩. 数控车工技能实训. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [5] 姜大源. 当代德国职业教育主流教学思想研究: 理论、实践与创新. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [6] 黄涛. 基于任务驱动的高职软件开发类活页式教材设计研究. 武汉职业技术学院学报, 2019, 18(6): 62-67.
- [7] 伏梦瑶, 李政, 徐国庆. 我国职业教育教材研究的进展与展望. 教育与职业, 2019(17): 97-102.
- [8] 和庆娣. 二维码在立体化教材出版中的应用初探. 新媒体研究, 2019, 5(4): 35-36.
- [9] 人力资源和社会保障部教材办公室. 数控铣床操作与零件加工. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2013.
- [10] 赵志群. 我国职业教育课程模式的发展. 职教论坛, 2018(1): 52-57.
- [11] 许远. 职业教育专业建设与课程教材开发. 北京: 中国人民大学出版社, 2019.
- [12] 吴明友. 数控车床(华中数控)考工实训教程. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2015.