

广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材

数控车铣加工技术

数控车铣加工技术

SHUKONG CHEXI
JIAGONG JISHU

副主编
林秀朋
房晓嘉
李文显
齐林

主编 林秀朋 周宝誉
副主编 房晓嘉 李文显 齐林

总策划 施东毅 梁琪 张贻松
项目统筹 张贻松 闫丽
策划编辑 黄丽艳
责任编辑 黄丽艳 冯金素
责任校对 阳诗淇
责任技编 伍智辉
装帧设计 刘瑞锋 郭晓燕 [广大迅风艺术]

ISBN 978-7-5598-7054-4



9 787559 870544 >

定价：48.00 元

广西师范大学出版社
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

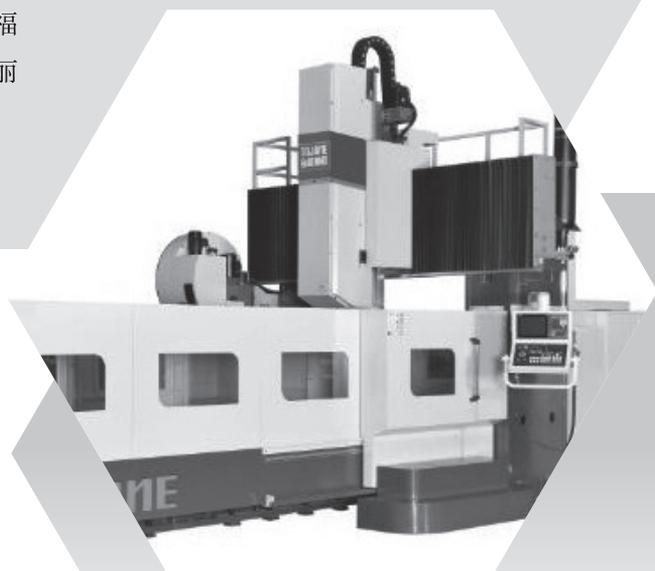
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS
广西师范大学出版社



广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材

数控车铣加工技术

主 编 林秀朋 周宝誉
副 主 编 房晓嘉 李文显 齐 林
参 编 覃业彬 李 程 文志刚
赵 实 卓健燕 韦庆福
张 钊 张 鹏 庞景丽
林青椿



图书在版编目（CIP）数据

数控车铣加工技术 / 林秀朋, 周宝誉主编. -- 桂林 : 广西师范大学出版社, 2024. 8. -- (广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材). -- ISBN 978-7-5598-7054-4

I. TG519.1; TG547

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20248QW455 号

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市五里店路9号 邮政编码: 541004)
网址: <http://www.bbtpress.com>

出版人: 黄轩庄

全国新华书店经销

广西壮族自治区桂林漓江印刷厂印刷

(桂林市叠彩区西清路9号 邮政编码: 541001)

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 16 字数: 340 千

2024年8月第1版 2024年8月第1次印刷

定价: 48.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与出版社发行部门联系调换。

前 言

本书立足职业教育，面向先进制造业，融入新技术、新设备、新工艺、新流程等知识和技能。制造业是立国之本、兴国之器、强国之基，是实体经济的重要基础，也是大国博弈、国际产业竞争的焦点。先进制造业已经成为我国经济高质量发展的重要推动力和国家安全的重要支柱，引领未来产业发展方向。习近平总书记对职业教育工作作出重要指示，“在全面建设社会主义现代化国家新征程中，职业教育前途广阔、大有可为”。职业教育要“为全面建设社会主义现代化国家、实现中华民族伟大复兴的中国梦提供有力人才和技能支撑”。

本书是广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材，以数控加工典型工作任务为案例，是符合专业核心课程教学需要的教材。目的在于培养学生数控加工操作技能及良好的职业适应能力和素养，为学生今后实习、就业储备扎实的专业知识、操作技能及职业素养，为全面建设社会主义现代化国家、实现中华民族伟大复兴的中国梦提供有力人才和技能支撑。

本书包含数控加工技术基础、数控车加工技术、数控铣加工技术及数控车铣加工技术四个项目，编写合理，针对性较强，理论联系实际。本书立足数控车铣岗位职业标准，分析岗位工作任务和角色要求，重构课程目标和课堂目标，内容来自企业真实生产任务，通过教学化处理将其转化为教学项目，基于工作过程行动导向理念，将内容项目化，与职业技能等级证书认证无缝衔接，有效地实现了课岗、课证融通。

本书按照课程教学内容服从专业培养目标，课程教学方法适用于课程教学内容，课程教学手段服务于教学方法，将内容分成数控加工技术基础、数控车加工技术、数控铣加工技术及数控车铣加工技术不同层次的四个项目，可满足项目化、分层次、任务驱动教学要求。学生可针对不同项目有选择性地强化训练，有助于个性发展，充分体现因材施教、以人为本的理念。本书遵循“以应用为目的，以必需为度”的原则，以强化应用为重点，紧密联系生产实际，注重培养学生的综合职业素养，实例针对性、实用性较强。

本书在编写过程中，得到了广西理工职业技术学校周宝誉、广西第一工业学校覃业斌、广西机电工程学校张钊的支持和帮助，还得到了国家级技能大师郑志明、齐林的技术指导，在此表示诚挚感谢！

由于编者水平所限，书中难免有错漏之处，敬请大家批评斧正。

编者
2023年8月

目 录

项目 1 数控加工技术基础

- 任务 1 数控加工工艺系统认知····· 1
- 任务 2 数控加工编程认知····· 16

项目 2 数控车加工技术

- 任务 1 压力传感器轴的车削加工····· 42
- 任务 2 半球头销轴的车削加工····· 68
- 任务 3 刀柄拉钉的车削加工····· 84
- 任务 4 轴套的车削加工····· 100

项目 3 数控铣加工技术

- 任务 1 多边形工件的铣削加工····· 119
- 任务 2 端盖的铣削加工····· 144
- 任务 3 凸轮的铣削加工····· 164
- 任务 4 闹钟壳的铣削加工····· 182

项目 4 数控车铣加工技术

- 任务 1 十字滑块联轴器组件的车铣加工····· 203
- 任务 2 端盖传动轴组件的车铣加工····· 228

附 录

附录 1	职业技能等级证书认证操作模拟题库	247
附录 2	职业技能等级证书认证理论模拟题库	247
附录 3	数控车工国家职业标准（中级）	247
附录 4	数控铣工国家职业标准（中级）	247
附录 5	数控车铣加工“1+X”证书考核大纲（中级）	247



项目 1 数控加工技术基础

【项目导学】

在过去的几十年中，我国装备制造业取得了显著的发展成效。随着我国经济的快速发展，装备制造业已经成为国民经济的重要支柱产业，发挥着举足轻重的作用。党和国家提出，将在2035年基本实现社会主义现代化，最终从制造大国成功转型为制造强国。全面建成社会主义现代化强国，实现第二个百年奋斗目标，必须走自主创新之路。实现高水平科技自立自强，是中国式现代化建设的关键。我们要对国家装备制造业充满信心，以实际行动支持民族品牌，要时不我待推进科技自立自强，只争朝夕突破“卡脖子”问题，努力把关键核心技术和装备制造业掌握在自己手里。

本项目共有数控加工工艺系统认知、数控加工编程认知2个任务，通过理论讲解与现场教学相结合，展示企业或实训车间的数控加工工艺系统（机床、刀具、夹具及工件）情况，使学生熟悉零部件加工流程，特别是零件加工工艺、数控编程技术、岗位技能及产品质量等方面的要求，为今后的学习打下良好基础。

任务 1 数控加工工艺系统认知

▼【任务描述】

任课教师拟组织学生到校内数控加工实训基地开展一次认识实习，任务是认识

数控机床型号、种类、结构、特点以及数控系统面板、数控机床操作面板，同时了解数控加工的方法和内容。

工作要求：通过认识实习，了解数控机床结构、工作原理及数控加工工艺系统等方面的基础知识，能独立完成实践记录表的填写，为后续的学习打下良好基础。

▼【任务目标】

1. 知识目标

- (1) 了解数控车床、铣床的概念、种类。
- (2) 了解数控车床、铣床的型号、结构。
- (3) 了解数控加工的刀具及刀片类型。
- (4) 了解机床夹具的特点及组成。

2. 技能目标

- (1) 会根据加工零件选择对应的刀具及刀片类型。
- (2) 会根据零件轮廓选择对应的夹具。

3. 素质目标

- (1) 服从安排，听从指挥。
- (2) 体会理实一体化教学的重要性，遵守实习的各项规章制度及要求。
- (3) 通过了解广西首位“大国工匠”郑志明的事迹，感悟工匠精神。



“大国工匠”郑志明

▼【任务准备】

一、现场准备

本任务主要是认知数控加工工艺系统，在教学中需要使用如表1-1所示的设备、刀具、夹具等装备。



现场准备

表 1-1 教学现场装备一览表

序号	名称	说明
1	数控车床	现场教学
2	数控铣床	现场教学
3	常见铣刀	现场教学
4	常见车刀	现场教学

续表

序号	名称	说明
5	其他刀具	现场教学
6	通用夹具	现场教学
7	专用夹具	现场教学
8	精密夹具	现场教学

二、知识准备

在机械加工中，由机床、夹具、刀具和工件等组成的统一体称为工艺系统。数控加工工艺系统由数控机床、刀具、夹具和工件等组成，如图1-1所示。



数控机床工作原理



图 1-1 数控加工工艺系统的组成

数控机床是数字控制机床（Computer Numerical Control Machine Tools）的简称，是一种装有程序控制系统的自动化机床，其是数控加工工艺系统的重要组成部分。加工程序通过信息载体输入数控装置，控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序，经过译码和运行，由数控装置发出各种控制信号控制机床的动作，并按图纸要求的形状和尺寸，自动地将零件加工出来。

数控机床较好地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题，是一种柔性的、高效能的自动化机床，代表了现代机床控制技术的发展方向，是典型的机电一体化产品。



机床的结构与分类

(一) 数控车床的认知

1. 数控车床加工特点

与普通车床相比，数控车床加工具有以下特点：

(1) 适用性强。数控车床能实现多轴联动，因此能加工形状复杂的零件。更换加工零件时，数控车床只需更换零件加工的 NC 程序。

(2) 加工精度高。数控车床有较高的加工精度，可达到 0.005~0.1 mm。此外，数控车床的传动系统与机床结构都具有较高的刚度和热稳定性，制造精度高。其自动加工方式避免了人为的干扰因素，同一批零件的尺寸一致性好，产品合格率高，加工质量稳定。

(3) 生产效率高。数控车床的主轴转速及进给速度比普通车床大。目前，数控车床的进给速度在 100 m/min 以上。一般来说，数控车床的生产能力约为普通车床的 3 倍，甚至更高。

(4) 加工质量稳定。对于同一批零件，由于使用同一车床和刀具及同一加工程序，刀具的运动轨迹完全相同，这就保证了零件加工的一致性，成品质量稳定。

(5) 劳动强度低。数控设备的工作是按照预先编制好的加工程序自动连续完成的，操作者只需要输入加工程序，操作键盘，装卸工件，完成关键工序的中间测量及观看设备的运行情况，不需要进行烦琐、重复的手工操作，这使劳动条件大为改善。

2. 数控车床的组成与型号

(1) 数控车床的组成。数控车床一般由操作面板、输入/输出设备、PLC、CNC 装置、电气回路、伺服单元、测量反馈装置、辅助装置、驱动装置及车床本体组成，如图 1-2 所示。



数控车床结构拆动画

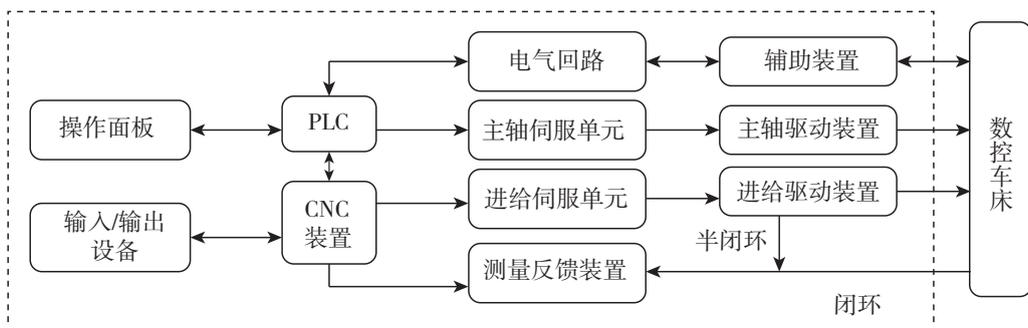


图 1-2 数控车床的组成框图

(2) 数控车床的型号。数控车床的型号标记和普通车床类似，都是由字母及一组数字组成。如 CKA6140，各字母和数字的含义如图 1-3 所示。

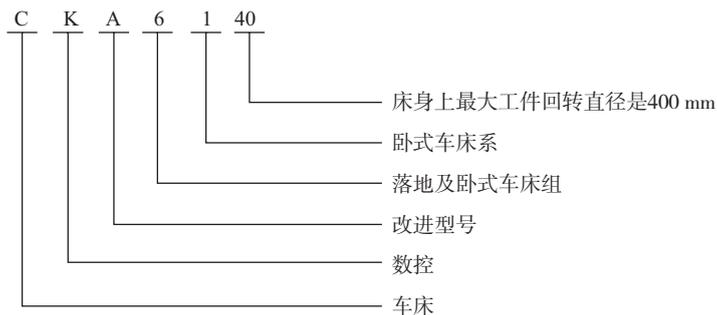


图 1-3 CKA6140 的含义

3. 数控车床的分类

(1) 按车床主轴位置分类。

①立式数控车床。立式数控车床的主轴垂直于水平面，工作台直径较大，适用于加工径向尺寸大、轴向尺寸小的工件，如图1-4所示。

②卧式数控车床。卧式数控车床又分为水平导轨卧式数控车床和倾斜导轨卧式数控车床。倾斜导轨结构可以使车床具有更强的刚性，并易于排除切屑。图1-5为水平导轨卧式数控车床。



图 1-4 立式数控车床



图 1-5 水平导轨卧式数控车床

(2) 按刀架数量分类。

①单刀架数控车床。单刀架数控车床主要由两个坐标轴控制，如图1-6所示。

②双刀架数控车床。双刀架数控车床主要由四个坐标轴控制，如图1-7所示。



图 1-6 单刀架数控车床



图 1-7 双刀架数控车床

(3) 按功能(数控)分类。

①经济型数控车床。采用步进电动机和单片机对普通车床的车削进给系统进行改造后形成的简易型数控车床。经济型数控车床的功能简单，针对性强，适用于加工精度要求不高、结构较复杂的零件。

②全功能数控车床。全功能数控车床结构先进，控制功能齐全，加工自动化程度高，适用于加工精度要求高、结构复杂、工序与品种多变的零件。

③数控车削中心。数控车削中心是以全功能数控车床为主体，配有刀库、换刀与分度、铣削动力头等装置，可实现车、铣等工序的复合加工的机床。在工件一次装夹后，它可完成回转类零件的车、铣、钻、铰、攻螺纹等多工序加工。

(二) 数控铣床的认知

1. 数控铣床加工特点

数控铣床除了具有普通铣床加工的特点，还有以下特点：

①零件加工的适应性强、灵活性好，能加工轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸的零件，如模具类零件、壳体类零件等。

②能加工普通铣床无法加工或很难加工的零件，如用数学模型描述的复杂曲线零件以及三维空间曲面类零件。

③能加工经过一次装夹定位后需进行多道工序加工的零件。

④加工精度高，加工质量稳定、可靠。

⑤生产自动化程度高，可以减轻操作者的劳动强度，有利于实现生产管理自动化。

2. 数控铣床的组成与型号

①数控铣床的组成。数控铣床一般由操作面板、输入/输出设备、PLC、CNC装置、电气回路、伺服单元、测量反馈装置、辅助装置、驱动装置及铣床本体组成，如图1-8所示。数控铣床外围各部分名称如图1-9所示。

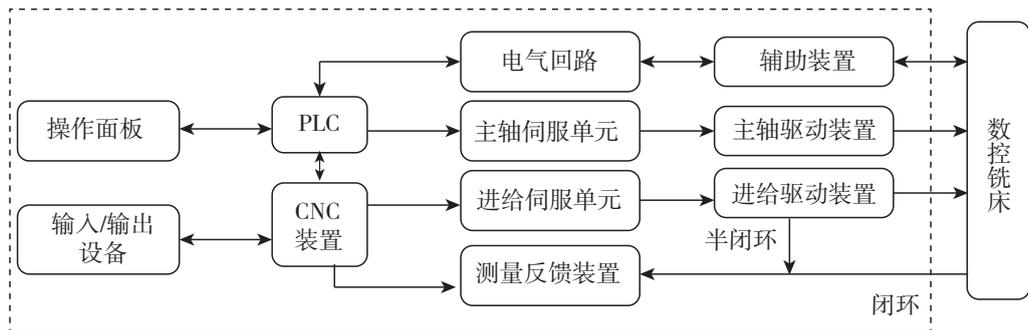


图 1-8 数控铣床的组成框图

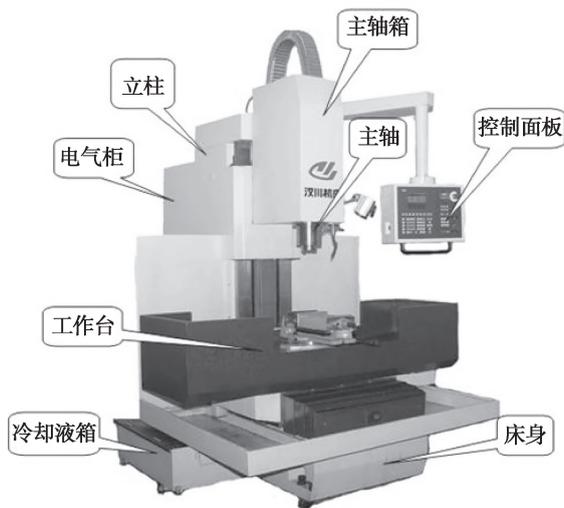


图 1-9 数控铣床外围各部分名称

②数控铣床的型号。数控铣床的型号标记和普通铣床类似，都是由字母及一组数字组成。如 XK5025，其各字母和数字的含义如图 1-10 所示。

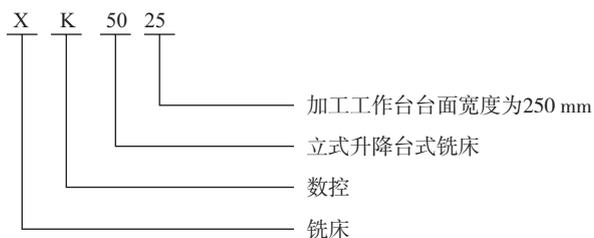


图 1-10 XK5025 的含义

3. 数控铣床的分类

(1) 按铣床主轴位置分类。

①卧式数控铣床。卧式数控铣床与普通卧式铣床相同，其主轴与机床工作台面平行，如图 1-11 所示。

②立式数控铣床。立式数控铣床的主轴与机床工作台面垂直，如图 1-12 所示。



图 1-11 卧式数控铣床



图 1-12 立式数控铣床

(2) 按功能分类。

按数控系统的功能分类，数控铣床可分为经济型数控铣床、全功能数控铣床和高速数控铣床等。

①经济型数控铣床。经济型数控铣床一般采用经济型数控系统，控制方式为开环控制，可以实现三坐标联动，如图1-13所示。经济型数控铣床成本较低、功能简单、加工精度不高，适用于一般复杂零件的加工。

②全功能数控铣床。全功能数控铣床采用半闭环控制或闭环控制，其数控系统功能丰富，一般可以实现四坐标以上的联动，加工适用性强，应用广泛。

③高速数控铣床。高速铣削是数控加工的一个发展方向，技术已经比较成熟，在实际生产中得到广泛应用。高速数控铣床可实现高速铣削，这种数控铣床采用全新的机床结构、功能部件和功能强大的数控系统，并配以加工性能优越的刀具系统，加工时主轴转速一般为8 000~40 000 r/min，进给速度为10~30 m/min，可以对大面积的曲面进行高效率、高质量的加工。但目前这种机床价格高，使用成本较高。高速数控铣床如图1-14所示。



图 1-13 经济型数控铣床



图 1-14 高速数控铣床

4. 常见的数控系统

目前，最常见的数控系统有 FANUC（发那科）数控系统、Siemens（西门子）数控系统、Mitsubishi（三菱）数控系统，我国的广州数控系统（GSK）、华中数控系统（HNC）等。其中，华中数控系统是我国自主研发的数控系统。武汉华中数控股份有限公司瞄准国际领先的高档数控系统，集中优势研发力量，成功研制出具有自主知识产权的“华中8型”高性能数控装置、伺服驱动和伺服电机成套产品。

(三) 数控车刀的认知

金属切削刀具是现代机械加工中的重要工具。无论是普通机床还是数控机床，都必须依靠刀具才能完成切削工作。



数控车削刀具的选择



车刀的结构及主要角度

1. 数控车刀的结构

车刀在结构上可分为四种形式：整体式高速钢车刀、焊接式硬质合金车刀、机械夹固式硬质合金车刀和可转位式车刀，如图1-15所示。

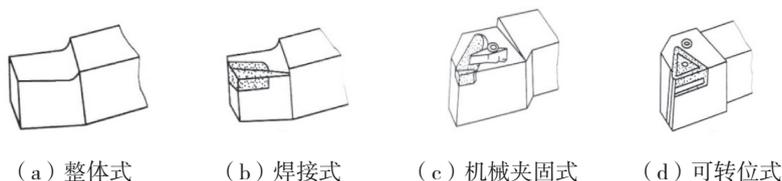


图 1-15 数控车刀的结构

2. 数控车刀的种类

根据不同的车削加工用途，车刀又分为端面车刀、外圆车刀、螺纹车刀、切断车刀、内孔车刀等，如图1-16所示。



图 1-16 数控车刀的种类

3. 数控车刀刀片类型

数控车刀刀片类型主要有外圆车刀刀片、螺纹车刀刀片、切断车刀刀片、内孔车刀刀片、尖刀刀片等，如表1-2所示。

表 1-2 车刀刀片的类型及应用

刀片名称	刀片参考图	刀杆参考图	说明
外圆车刀刀片			主要用于外圆车削，刀具受力性能较好，在进行大切削量加工时，刀片不易磨损。常用于外圆粗车加工
			60°角刀主要针对外径有较平缓的圆弧或倒斜角小于30°的角锥体加工
螺纹车刀刀片			螺纹分为英制螺纹和公制螺纹，英制螺纹使用的刀片尖角角度为55°；公制螺纹使用的刀片尖角角度为60°

续表

刀片名称	刀片参考图	刀杆参考图	说明
切断车刀刀片			切断车刀分为 2 mm 切断车刀与 3 mm 切断车刀, 2 mm 切断车刀切断外径最大值为 30 mm; 3 mm 切断车刀切断外径最大值为 40 mm
内孔车刀刀片			主要用于内孔车削, 内孔车削效果较好。刀杆有 8 mm、10 mm、12 mm 等规格, 可按需使用
尖刀刀片			尖刀若用于加工内孔容易震动, 车削效果没有内孔车刀好, 所以主要用于倒角 / 倒圆弧加工

(四) 数控铣刀的认知

1. 数控铣刀的结构

数控铣刀按结构不同可分为整体式、整体焊齿式、镶齿式、可转位式。整体式铣刀刀体和刀齿制成一体。整体焊齿式铣刀刀齿用硬质合金或其他耐磨刀具材料制成并钎焊在刀体上。镶齿式铣刀刀齿用机械夹固的方法固定在刀体上。可转位式铣刀常见于面铣刀、立铣刀和三面刃铣刀等。



数控铣削刀具的选择

2. 数控铣刀的种类

根据不同的铣削加工用途, 铣刀又分为面铣刀、立铣刀、键槽铣刀、球头铣刀等, 如图 1-17 所示。



图 1-17 数控铣刀的种类

(五) 机床夹具的认知

在机械制造中, 用以装夹工件和引导刀具的装置统称为夹具。在机械制造工厂,

夹具的使用十分广泛，从毛坯制造到产品装配以及在各个生产检测环节，都会用到许多不同种类的夹具。数控机床夹具的分类如下。

1. 按夹具的应用范围分类

(1) 通用夹具。通用夹具是指结构已经标准化，且有较大适用范围的夹具。例如，车床用的卡盘夹具（三爪卡盘和四爪卡盘等），铣床用的平口钳及分度头等。

(2) 专用机床夹具。专用机床夹具是针对某一工件的某道工序专门设计制造的夹具。专用机床夹具适用于产品相对稳定、产量较大的场合。

(3) 组合夹具。组合夹具是由一套预先制造好的标准元件和合件组装而成的夹具。组合夹具结构灵活多变，设计和组装周期短，夹具零部件能长期重复使用，适用于多品种、单件小批生产或新产品试制等场合。

(4) 成组夹具。成组夹具是在采用成组加工技术时，为每个零件组设计制造的夹具。当改换加工同组内另一种零件时，只需调整或更换夹具上的个别元件即可进行加工。成组夹具适用于多品种、中小批量生产场合。

(5) 随行夹具。它是一种在自动线上使用的移动式夹具，在工件进入自动线加工之前，先将工件装在夹具中，然后夹具连同被加工工件一起沿着自动线依次从一个工位移动到下一个工位，直到工件退出自动线加工才将工件从夹具中卸下。随行夹具是一种始终随工件一起沿着自动线移动的夹具。



卡盘夹具

2. 按使用机床类型分类

机床类型不同，夹具结构各异，由此可将夹具分为车床夹具、钻床夹具、铣床夹具、镗床夹具、磨床夹具和组合机床夹具等类型。

3. 按夹具动力源分类

按夹具所用夹紧动力源不同，可将夹具分为手动夹紧夹具、气动夹紧夹具、液压夹紧夹具、气液联动夹紧夹具、电磁夹紧夹具、真空夹紧夹具等。

（六）安全文明生产知识

1. 着装

正确穿戴工作服、工作鞋、防护眼镜、工作帽等劳动保护用品，女士留长发的必须将头发塞入工作帽中，以免发生事故。

2. 纪律

严格听从实习指导教师安排，严格遵守上课纪律，不迟到，



数控车床安全操作规程

不早退，坚守岗位，不串岗、不离岗，不在车间打闹、嬉戏。

3. 安全防护

牢固树立安全意识，对于不熟悉的设备、设施、按钮，不私自乱开乱动，不做有安全隐患的各种操作。

4. 行为习惯和工作态度

认真聆听教师的讲解，认真按教师的示范进行操作，认真履行岗位职责，严格遵守机床操作规程，不做与岗位无关的任何事情。

5. 团队合作

能与他人和睦相处，学会与他人共事，学会尊重、理解、帮助他人。

▼【任务实施】

本任务是认识数控机床的型号、种类、结构、特点、加工内容及数控系统面板按键功能，并根据具体情况采用相应的实施方法和步骤。

一、实施方法及途径

通过参观数控实训车间或本地数控加工企业等形式认识数控车床，也可通过上网查询、观看教师提供的图片或影印资料等途径来加深对数控车床的认知。对于数控系统面板按键功能，主要通过上机实际操作或仿真软件来认识。

二、实施步骤

（一）熟知安全文明生产知识及相关劳动纪律

- (1) 接受安全教育，熟知安全文明生产知识。
- (2) 接受劳动纪律教育，牢记劳动纪律要求。

（二）认识数控车床的型号、种类及特点

- (1) 记录并分析数控机床型号及加工零件的形状、结构。
- (2) 记录所看到的数控机床种类并分析其特点。
- (3) 分析数控机床加工内容。

（三）认识数控机床各部分结构及功能

(1) 观察数控机床整机。分析数控机床数控系统、床身组件、各部分结构及对应位置。

- (2) 认识运动部件。观察进给传动组成、传动过程及特点。
- (3) 认识刀架。了解其使用方法，熟悉其功能。
- (4) 认识夹具。了解其使用方法，分析其工作原理。
- (5) 认识数控机床的辅助装置组成。

(四) 认识数控机床的操作面板功能

- (1) 认识数控系统面板各按键功能。
- (2) 认识机床操作面板各按键功能。

三、实践记录

通过认知实习，请根据自己的所见、所学、所想，完成如表1-3所示的实践记录表的填写。

表 1-3 实践记录表

项目	实践记录		实训车间设备情况(台、套)
数控车床	加工特点		
	组成		
	分类		
数控铣床	加工特点		
	组成		
	分类		
刀具	结构特点		
	种类、用途		
夹具	分类		
	用途		
记录人：		日期：	

▼【任务评价】

根据任务完成情况，完成表1-4的填写。

表 1-4 数控加工工艺系统认知评分表

序号	检测项目	检测内容及要求	配分	学生 自检	学生 互检	教师 检查	得分
1	职业素养	尊重师长, 待人礼貌	4				
2		安全生产, 文明操作	4				
3		遵守现场 5S 规定	4				
4		工作态度认真、严谨	4				
5		有团队合作精神, 善于分享	4				
6	数控机床的 认知内容	能说出数控车床型号及其含义	5				
7		能说出数控铣床型号及其含义	5				
8		能说出数控车床的种类	5				
9		能说出数控铣床的种类	5				
10		能说出数控车床的结构	10				
11		能说出数控铣床的结构	10				
12		能说出数控车床操作面板按键功能	10				
13		能说出数控铣床操作面板按键功能	10				
14	数控刀具的 认知内容	能说出数控车刀的种类、结构	5				
15		能说出数控铣刀的种类、结构	5				
16	机床夹具的 认知内容	能说出数控车床夹具的种类、结构	5				
17		能说出数控铣床夹具的种类、结构	5				
综合得分			100				

▼【任务巩固】

1. 有如图 1-18 所示的数控车床, 请填写其各组成部分的名称。

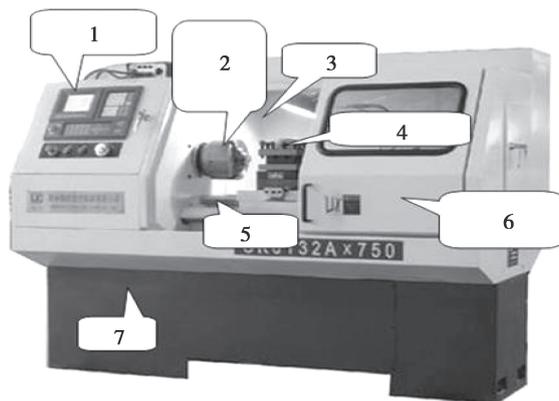


图 1-18 数控车床的外部名称

(1) _____; (2) _____; (3) _____; (4) _____

(5) _____; (6) _____; (7) _____。

2. 单项选择题。

(1) 刀具材料的常温硬度应在()以上。

A.HRC60 B.HRC50 C.HRC40 D.HRC35

(2) ()是在钢中加入较多的钨、钼、铬、钒等合金元素, 能被用于制造形状复杂的切削刀具。

A. 硬质合金 B. 高速钢 C. 合金工具钢 D. 碳素工具钢

(3) 下列选项中, ()是常用高速钢的牌号。

A.YG8 B.A3 C.W18Cr4V D.20

(4) 硬质合金的特点是耐热性好, 切削效率高, 但刀片()和韧性不及工具钢, 焊接、刃磨工艺较差。

A. 塑性 B. 耐热性 C. 强度 D. 耐磨性

(5) 常用硬质合金的牌号是()。

A.A2 B.T8A C.16Mn D.YG3

(6) 钨钛钴类硬质合金适用于加工()或其他韧性较强的塑性材料。

A. 不锈钢 B. 铝合金 C. 紫铜 D. 钢料

(7) 钨钛钽(铌) 钴类硬质合金的()和冲击韧性都比较好, 所以应用广泛。

A. 红硬性 B. 抗拉强度 C. 抗弯强度 D. 抗压强度

(8) 负前角仅适用于硬质合金车刀车削锻件、铸件毛坯和()的材料。

A. 硬度低 B. 硬度很高 C. 耐热性低 D. 强度高

(9) 精车时, 为减小()与工件的摩擦, 保持刃口锋利, 应选择较大的后角。

A. 基面 B. 前刀面 C. 后刀面 D. 主截面

(10) 偏心工件的装夹方法有: 两顶尖装夹、四爪卡盘装夹、三爪卡盘装夹、偏心卡盘装夹、双重卡盘装夹、()夹具装夹等。

A. 专用偏心 B. 随行 C. 组合 D. 气动

(11) 切削时, 主要是通过切削温度来影响刀具寿命的, 所以影响刀具寿命程度最大的是()。

A. 切削深度 B. 进给量 C. 切削速度 D. 切削宽度

任务2 数控加工编程认知

▼【任务描述】

本任务是学习零件图、工艺分析及加工程序编写等方面的知识与技能，通过数控加工案例使学生深入了解零件数控加工的一般流程及相关要求。

工作要求：了解机械制图、工艺分析及加工程序编制等方面的基础知识，能独立完成实践记录表的填写，为后续的学习打下良好基础。



数控加工实例

▼【任务目标】

1. 知识目标

- (1) 了解零件图的作用，能读懂零件图的图形表达、技术要求等内容。
- (2) 了解数控编程的基本步骤。
- (3) 熟悉数控机床的坐标系。

2. 技能目标

- (1) 会制定数控加工工艺，并填写工艺过程卡。
- (2) 能编制中等难度零件的数控加工工艺文件。

3. 素质目标

- (1) 通过小组学习，培养团队协作精神。
- (2) 培养学生的专业学习兴趣，让学生对学好专业技能充满信心。
- (3) 通过了解“大国工匠”高凤林的事迹，感悟工匠精神。



“大国工匠”高凤林

▼【任务准备】

一、课前准备

本任务主要是识图及了解数控加工编程等方面的知识，课前需要准备如表1-5所示的教学资源或教学条件。

表 1-5 课前准备一览表

序号	名称	说明
1	数控车床	现场观摩
2	数控铣床	现场观摩
3	计算机	仿真教学
4	仿真软件	仿真教学
5	加工案例	理论教学

二、知识准备

(一) 零件图

1. 零件图的作用

零件图是表达零件结构、形状、尺寸和技术要求的图样。零件是组成部件或机器的最小单元。在实际生产中,即使是结构和形状极其简单的零件,要想制造它,也必须有它的零件图。因此,零件图是制造和检查零件的依据,也是使用和维修零件的主要技术文件之一。



零件图的分析

2. 零件图的内容

一张完整的零件图应包含以下内容,如图1-19所示。

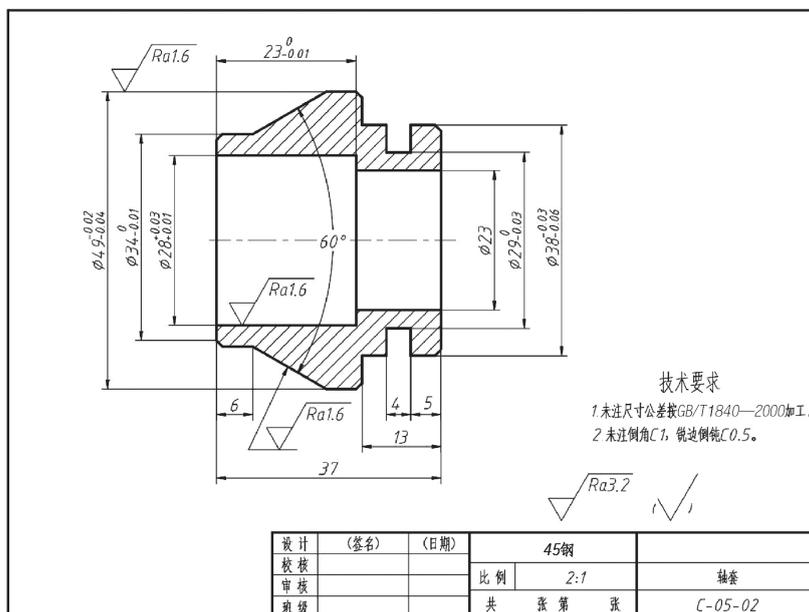


图 1-19 轴套零件图

(1) 图形。由一组视图组成,包括六大视图(主视图、俯视图、左视图、右视图、剖视图、断面图等),用于正确、完整、清晰地表达出零件的结构和形状。

(2) 图形尺寸。图形尺寸用于正确、完整、清晰、合理地确定零件各部分的大小和相对位置(尺寸公差、形位公差)。

(3) 技术要求。技术要求用于说明零件在制造和检验时应达到的各种要求(用一些符号、数字、字母和文字注解简明、准确地给出),如表面粗糙度、尺寸公差、形位公差及热处理等要求。

(4) 标题栏。用于填写零件的名称、材料、数量、比例、图样编号、责任人签署(制图设计人、校核人、审核人、审定人等)、制图日期、制图单位等。

3. 零件图的技术要求

零件图是指导零件生产的重要技术文件。它除了有图形和尺寸外,还必须有制造和检验的质量要求,这些要求被称为技术要求。

技术要求的主要内容包括热处理要求、表面粗糙度、极限与配合、未注尺寸公差等。有规定代号的技术要求可直接标注在图上,无规定代号的技术要求则用文字说明,一般书写在标题栏上方。

(二) 轴套类零件

轴套类零件包括轴类零件和套类零件。其中,轴类零件是五金配件中常见的典型零件之一,它主要用来支承、传动零部件,传递扭矩和承受载荷;套类零件通常是安装在轴上,起到轴向定位、传动和连接作用,常见的套类零件有套筒和衬套等。

1. 结构特点

轴类零件按结构形式不同,一般可分为光轴、阶梯轴和异形轴三类,或分为实心轴、空心轴等。轴类零件常见的结构有圆柱、圆锥、圆弧、退刀槽、键槽、倒角、螺纹等。套类零件常见的结构有油槽、油孔、销孔、倒角、退刀槽、键槽、螺纹等。图1-20为压力传感器轴零件图。压力传感器轴属于轴类零件,该零件的结构形式为阶梯轴,轴的长度大于直径。

2. 表示方法

轴套类零件一般在车床上加工,所以应按加工位置和反映形状特征的方向确定其主视图,轴线水平放置。零件的主要结构为回转体,一般只需要画一个基本视图。而轴上其他结构形状,如退刀槽、键槽和中心孔可采用剖视图、断面图、局部放大视图和简化画法等方式来表达。若零件的内部结构形状比较复杂,可采用全剖视、半剖视或局部剖视的方式来表达。

3. 尺寸标注

轴套类零件的主要尺寸是径向尺寸和轴向尺寸。在加工和测量径向尺寸时，以轴线为基准（设计基准）；轴的长度方向的尺寸一般以重要的定位面（轴肩）作为尺寸基准。

4. 技术要求

技术要求一般包含表面粗糙度、尺寸公差、形位公差、热处理及其他技术要求等内容。图 1-20 中只对未注倒角、未注倒钝、未注尺寸公差作出了相应的技术要求。

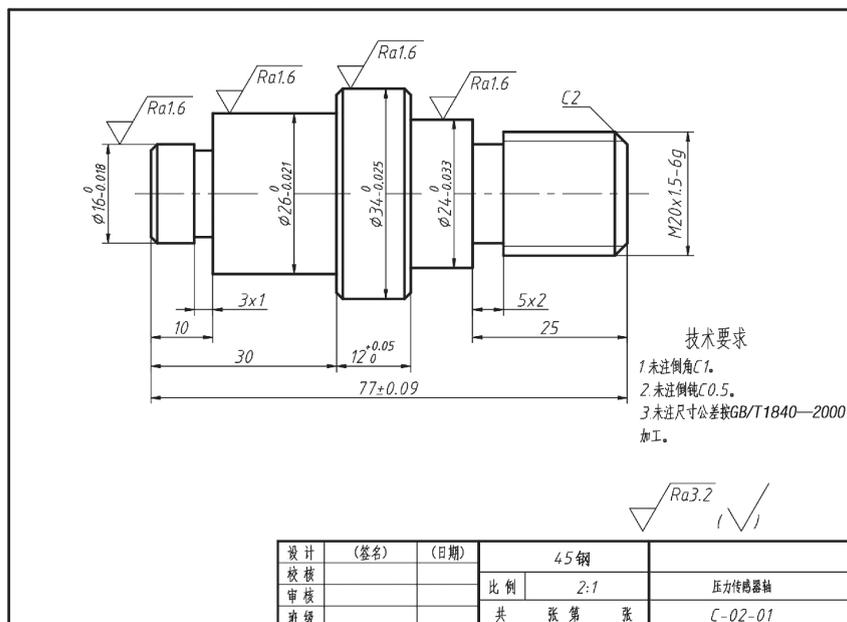


图 1-20 压力传感器轴零件图

(三) 数控加工工艺

1. 数控加工工艺性分析

被加工零件的数控加工工艺性问题涉及面很广，下面结合编程的可能性和方便性提出一些必须分析和审查的主要内容。

(1) 尺寸标注应符合数控加工的特点。在数控编程中，所有点、线、面的尺寸和位置都是以编程原点为基准的，最好直接给出坐标尺寸，或尽量以同一基准标注尺寸。

(2) 几何要素的条件应完整、准确。在编程中，编程人员必须充分掌握构成零件轮廓的几何要素参数及各几何要素间的关系。因为在自动编程时要对零件轮廓的所有几何元素进行定义，手工编程时要计算出每个节点的坐标，无论哪一点不明确或不确定，编程都无法进行。

(3) 定位基准可靠。在数控加工中, 加工工序往往较集中, 以同一基准定位十分重要。因此, 需要设置一些辅助基准, 或在毛坯上增加一些工艺凸台。为增强定位的稳定性, 可在底面增加一工艺凸台, 完成定位加工后再除去。

(4) 统一几何类型及尺寸。零件的外形、内腔最好采用统一的几何类型及尺寸, 这样可以减少换刀次数, 还可以应用控制程序或专用程序以缩短程序长度。

2. 数控加工工艺设计过程

(1) 机床的选择。在选择数控机床时, 主要考虑的因素有毛坯的材料和类型、零件轮廓形状复杂程度、零件尺寸大小、加工精度、零件数量、热处理要求等。目标: 一是要保证加工零件的技术要求, 加工出合格的产品; 二是要有利于提高生产率; 三是要尽可能降低生产成本(加工费用)。

(2) 加工工序划分。在数控机床上加工零件, 工序可以比较集中, 在一次装夹中应尽可能完成大部分或全部工序。根据数控加工的特点, 数控加工工序的划分一般可按下列方法进行。

①以一次安装加工作为一道工序。这种方法适合加工内容较少的零件, 加工完成后就能达到待检状态。

②以同一把刀具加工的内容划分工序。有些零件虽然能在一次安装中加工出很多待加工表面, 但考虑到程序太长会受到某些限制, 如控制系统的限制(主要是内存容量)、机床连续工作时间的限制(如一道工序在一个工作班内不能结束)等, 一般会分成几道工序。

③以加工部位划分工序。对于加工内容很多的零件, 可按其结构特点将加工部位分成几个部分, 如内腔、外形、曲面或平面, 并将每一部分的加工作为一道工序。

④以粗、精加工划分工序。对于经加工后易发生变形的零件, 由于对粗加工后可能发生的变形需要进行校形, 因此凡要进行粗、精加工, 都要将工序分开。

(3) 数控加工工序与普通加工工序的衔接。数控加工工序前后一般都穿插有其他普通加工工序, 衔接不好就容易出现质量问题。因此, 在熟悉整个加工工艺内容的同时, 要清楚数控加工工序与普通加工工序各自的技术要求、加工目的、加工特点, 如是否要留加工余量, 要留多少加工余量, 定位面与孔的精度要求及形位公差, 对校形工序的技术要求, 对毛坯的热处理要求等, 这样才能使各道工序满足加工需要, 质量目标及技术要求明确, 交接、验收有依据。

3. 填写数控加工技术文件

填写数控加工技术文件是数控加工工艺设计的内容之一。这些技术文件既是数控加工、产品验收的依据, 也是操作者需要遵守、执行的章程。技术文件是对数控加工的具体说明, 目的是让操作者明确加工工序的内容、装夹方式、各个加工部位所



工艺卡的填写

选用的刀具及其他技术问题。数控加工技术文件主要有数控编程任务书、工件安装和原点设定卡、数控加工工艺过程卡、数控加工工序卡、数控加工走刀路线图、数控加工刀具卡等。

(1) 数控加工工艺过程卡。数控加工工艺过程卡是规定整个生产过程中，产品或零件所要经过的车间、工序等总的加工路线及所有使用的设备和工艺装备的工艺文件，它是制定其他工艺文件的基础。表1-6为常用的数控加工工艺过程卡。

表 1-6 数控加工工艺过程卡

零件名称	数控加工工艺过程卡				毛坯种类	共 页
					材料	第 页
工序号	工序名称	工序内容			设备	工艺装备
编制		日期		审核		日期

(2) 数控加工工序卡。数控加工工序卡是规定某一工序具体加工要求的文件，是为每一道工序制定的，用来具体指导工人进行操作的一种工艺文件。表1-7为常用的数控加工工序卡。

表 1-7 数控加工工序卡

零件名称	数控加工工序卡		工序号	工序名称	共 页
					第 页
材料	毛坯状态		机床设备	夹具	
工序简图					

续表

工步号	工步内容		刀具规格	刀具材料	切削深度/mm	进给速度 / (mm/min)	主轴转速 / (r/min)
编制		日期		审核		日期	

(3) 数控加工刀具卡。数控加工刀具卡主要反映的是刀具号、刀具名称、刀具规格或刀片型号、刀具材料等，其是组装和调整刀具的依据。表 1-8 为常用的数控加工刀具卡。

表 1-8 数控加工刀具卡

实训项目				产品名称		
工序号	刀具号	刀具名称	刀具直径	刀具材料	数量	加工表面

(四) 数控编程基础

数控编程是指编程者根据零件图和工艺文件的要求，编写出可在数控机床上运行以完成规定加工任务的一系列指令的过程。具体来说，数控编程是指从分析零件图和工艺要求开始到程序检验合格为止的全部过程。数控编程可以分为手工编程和自动编程两种。

1. 手工编程

采用手工方式进行的数控编程的主要步骤有分析零件图，确定加工工艺，计算数值，编写程序，输入程序，检验程序和试切首件，如图1-21所示。

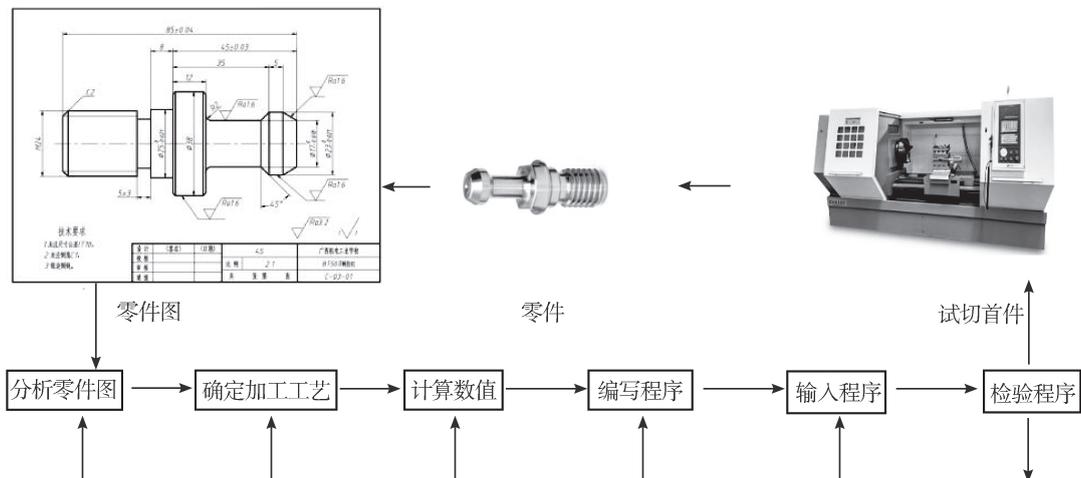


图 1-21 数控编程工作步骤

(1) 分析零件图。在数控机床上加工零件，工艺人员拿到的原始资料是零件图。根据零件图，可以对零件的形状、尺寸精度、表面粗糙度、工件材料、毛坯种类和热处理状况等进行分析，然后选择机床、刀具，确定定位夹紧装置、加工方法、加工顺序及切削用量的大小。

(2) 确定加工工艺。在确定加工工艺的过程中，应充分考虑所用数控机床的指令功能，充分发挥机床的效能，做到加工路线合理、走刀次数少和加工工时短等。此外，还应填写有关的工艺文件或技术文件，如数控加工工序卡、数控加工刀具卡、数控加工走刀路线图等。

(3) 计算数值。根据零件图的几何尺寸及设定的编程坐标系计算出刀具中心的运动轨迹，得到全部刀位数据。一般数控系统具有直线插补和圆弧插补的功能。对于形状比较简单的平面类零件（如由直线和圆弧组成的零件）的轮廓加工，只需要计算出其几何元素的起点、终点，圆弧的圆心（或圆弧的半径），两个几何元素的交点或切点的坐标值。如果数控系统无刀具补偿功能，那么要计算刀具中心的运动轨迹的坐标值。对于形状复杂的零件（如由非圆曲线、曲面组成的零件），需要用直线段（或圆弧段）逼近实际的曲线或曲面，根据所要求的加工精度计算出其节点的坐标值。

(4) 编写程序。根据加工路线计算出的刀具运动轨迹数据和已确定的工艺参数及辅助动作，编程人员可以按照所用数控系统规定的功能指令及程序段格式，逐段编写出零件的加工程序。编写时应注意以下两点：一是程序书写的规范性，程序应便

于表达和交流；二是程序中刀具切削用量的合理性，切削用量应符合加工现场的要求。

(5) 输入程序。将加工程序输入数控机床系统的方式有：光电阅读机、键盘、磁盘、磁带、存储卡、连接上级计算机的 DNC 接口及网络输入等。目前，常用的方法是通过键盘直接将加工程序输入（MDI 方式）数控机床的程序存储器中，或通过计算机与数控系统的通信接口将加工程序传送到数控机床的程序存储器中，由机床操作者根据零件加工需要进行调用。现在一些新型数控机床已经配置大容量存储卡，将其当作程序存储器使用，因此数控程序可以事先存入存储卡中。

(6) 检验程序与试切首件。数控加工程序必须经过检验和试切才能用于正式加工。在有图形模拟功能的数控机床上，可以进行图形模拟加工，检查刀具运动轨迹的正确性，而在无此功能的数控机床上可进行空运行检验。但这些方法只能检验出刀具运动轨迹是否正确，不能查出对刀误差，或因刀具调整不当和某些计算误差引起的加工误差及零件的加工精度是否符合要求，所以有必要进行零件加工首件试切这一重要步骤。当发现有加工误差或加工出来的零件不符合图纸要求时，应分析误差产生的原因，以便修改加工程序或采取刀具尺寸补偿等措施，直到加工出合乎图样要求的零件为止。随着数控加工技术的发展，可采用先进的数控加工仿真方法对数控加工程序进行校核。

2. 自动编程

采用计算机代替手工编制数控加工程序的过程称为计算机自动编程，也称作计算机辅助编程，简称自动编程。它是利用通用计算机和相应前置、后置处理软件，对零件源程序或 CAD 图形进行处理，以得到加工程序的一种方法。自动编程是计算机技术在机械制造业中的一个主要应用。

目前，CAD/CAM 集成技术已经很成熟，一体化集成的 CAD/CAM 系统已成为数控加工自动编程的主流，其大大降低了编程出错率，提高了编程效率，增强了编程可靠性。

(1) 自动编程的主要特点。

与手工编程相比，自动编程具有以下主要特点。

① 数学处理能力强。对于轮廓形状不是由简单的直线、圆弧组成的复杂零件，特别是空间曲面零件，以及几何要素虽不复杂但程序量很大的零件，其计算工作相当烦琐，采用手工编程的方法是难以完成加工的。例如，对于一般二次曲线廓形，手工编程必须采取直线段或圆弧段逼近的方法，算出各节点的坐标值，虽说列算式、解方程能借助计算器进行，但工作量之大是难以想象的。而基于系统软件强大的数学处理能力，计算机能自动计算出加工该二次曲线廓形的刀具运动轨迹，快速而准确。自动编程系统还能处理手工编程难以处理的二次曲面和特殊曲面。

② 快速、自动生成数控加工程序。对于非圆曲线的轮廓加工，手工编程即使解

决了节点坐标值的计算，也往往因节点数过多、程序段很长而使编程工作又慢又容易出错。自动编程的优点之一就是在完成刀具运动轨迹计算之后，后置处理程序能在极短的时间内自动生成数控加工程序，且该数控加工程序不会出现语法错误。当然，自动生成数控加工程序的速度取决于计算机硬件的档次，档次越高，速度越快。

③ 后置处理程序灵活多变。由于数控系统的指令形式不尽相同，机床的辅助功能也不一样，伺服系统的特性也有差别，因此同一个零件在不同的数控机床上加工，其对应的数控加工程序也应该是不同的。但在前置处理过程中，大量的数学处理、轨迹计算却是一致的。这就是说，前置处理可以通用，只要稍微改变一下后置处理程序，就能自动生成适用于不同数控机床的数控加工程序。后置处理相比前置处理，工作量要小得多，程序简单得多，因而它灵活多变。针对不同的数控机床选用不同的后置处理程序，等于完成了一个新的自动编程系统，极大地扩展了自动编程系统的使用范围。

④ 程序自检、纠错能力强。复杂零件的数控加工程序往往很长，要一次编程成功且没有一点错误是不现实的。手工编程时，可能出现书写有错误、算式有问题，也可能出现程序格式错误，仅靠人工去检查一个个错误是困难的，费时又费力。采用自动编程，程序有错主要是原始数据不正确导致刀具运动轨迹有误，或刀具与零件干涉、刀具与机床相撞，等等。自动编程能够通过系统先进的、完善的诊断功能，在计算机屏幕上对数控加工程序进行动态模拟，连续、逼真地显示刀具运动轨迹和零件加工轮廓，发现问题能及时对数控加工程序产生错误的位置及类型进行修改，快速又方便。现在，往往在前置处理阶段计算出刀具运动轨迹后立即进行动态模拟检查，确定无误后再进入后置处理阶段，生成正确的数控加工程序。

⑤ 便于实现与数控系统的通信。自动编程系统可以利用计算机和数控系统的通信接口实现与数控系统间的通信。自动编程系统生成的数控加工程序可直接输入数控系统，从而控制数控机床进行加工作业。如果数控程序很长，而数控系统的程序存储器容量有限，不足以一次容纳整个数控加工程序，自动编程系统可以做到边输入边加工。自动编程系统的通信功能进一步提高了编程效率，缩短了生产周期。

(2) CAD/CAM 集成系统。

目前，国内外 CAD/CAM 集成系统软件种类很多，其软件功能、面向用户的接口方式有所不同，所以编程过程中所使用的指令也不尽相同。但从总体上讲，编程的基本原理及基本步骤大致相同。

CAD/CAM 集成系统软件是实现数控加工自动编程必不可少的应用软件。目前，在国内市场上销售得比较好的这类软件有十几种，既有国外的，也有国内自主开发的，这些软件在功能、价格、适用范围等方面有很大差别。下面列举一些典型的 CAD/CAM 集成系统软件。

①CAXA 制造工程师。CAXA 制造工程师是由我国北京北航海尔软件有限公司自主研发开发的，基于微机平台、面向机械制造业的全中文三维 CAD/CAM 软件。它采用原创 Windows 菜单和交互方式，全中文界面，便于使用者轻松地学习和操作。它既具有线框造型、曲面造型和实体造型的设计功能以及较强的三维曲面拟合能力，又具有生成 2~5 轴数控加工编程功能，可用于加工具有复杂三维曲面的零件。其特点是易学易用，价格较低，已在国内众多企业和大专院校得到广泛的应用。

②UG。它最早由美国麦道飞机公司（现为波音公司）研制开发，从二维绘图、数控加工编程、曲面造型设计等功能发展起来。经过多年发展，该软件本身以复杂曲面造型和数控加工功能见长，还具有管理复杂产品装配，对多种设计方案进行对比分析和优化等功能。其庞大的模块群为企业提供了从产品设计、产品分析、加工装配、检验到过程管理、虚拟运作等全系列的技术支持。

③Pro/ENGINEER（现更名为 PTC Creo）。Pro/ENGINEER 是美国 PTC 公司研制和开发的软件。它开创了三维 CAD/CAM 参数化的先河。该软件具有基于特征、全参数、全相关和单一数据库的特点，可用于设计和加工复杂零件。另外，它还具有零件装配、机构仿真、有限元分析、逆向工程、同步工程等功能。Pro/ENGINEER 广泛应用于模具、工业、设计、汽车、航天、玩具等行业。

④CATIA。CATIA 是法国达索公司推出的产品，是最早实现曲面造型的软件，它开创了三维设计的新时代。它的出现首次实现了计算机完整描述产品零件的主要信息，使 CAM 技术的开发有了现实的基础。目前，CATIA 软件已发展成具有产品设计、产品分析、加工、装配和检验、过程管理、虚拟运作等众多功能的大型 CAD/CAM/CAE 软件。

⑤Cimatron。Cimatron 是以色列 Cimatron 公司提供的 CAD/CAM 软件，是较早早在微机平台上实现三维 CAD/CAM 的全功能系统。它具有三维造型设计、生成工程图、数控加工等功能，以及各种通用和专用的数据接口及产品数据管理（PDM）功能。该软件较早在我国得到全面汉化，已积累了一定的应用经验。

⑥Mastercam。Mastercam 是由美国 CNC Software 公司推出的基于 PC 平台的 CAD/CAM 软件。它具有很强的加工功能，尤其在对复杂曲面自动生成加工代码方面具有独到的优势，但其零件的设计造型功能不强。由于 Mastercam 主要针对数控加工，对计算机硬件的要求不高，且操作灵活、易学易用、价格低廉，因此受到中小企业的欢迎。

（五）数控机床的坐标系

在数控机床上，机床的动作是由数控装置来控制的。为了确定数控机床上的成型运动和辅助运动，必须先确定机床运动的位移和运动的方向，这就需要通过坐标系来

实现，这个坐标系被称为机床坐标系。数控机床坐标系是为了确定工件在机床中的位置、机床运动部件的特殊位置及运动范围，即为描述机床运动、产生数据信息而建立的几何坐标系。通过机床坐标系的建立，可以确定机床位置关系，获得所需的相关数据。目前，数控机床坐标系的确定依据，通常为国际上统一的 ISO841: 2001 标准。

1. 坐标系的移动轴及方向

标准机床坐标系中 X 、 Y 、 Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡儿直角坐标系决定。伸出右手的大拇指、食指和中指，并互为 90° ，大拇指代表 X 坐标轴，食指代表 Y 坐标轴，中指代表 Z 坐标轴。

假设工件固定，刀具相对工件运动，大拇指的指向为 X 坐标轴的正方向，食指的指向为 Y 坐标轴的正方向，中指的指向为 Z 坐标轴的正方向。图 1-22 所示为卧式数控车床的坐标系，图 1-23 所示为立式数控铣床的坐标系。

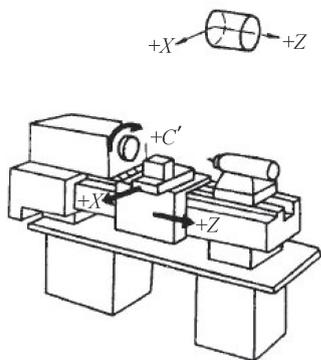


图 1-22 卧式数控车床坐标系

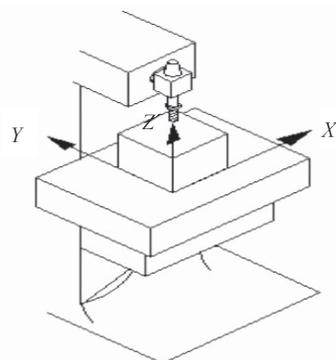


图 1-23 立式数控铣床坐标系

2. 坐标系的旋转坐标轴及方向

围绕 X 、 Y 、 Z 坐标轴旋转的旋转坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示，根据右手螺旋定则，大拇指的指向为 X 、 Y 、 Z 坐标轴中任意轴的正向，则其余四指的旋转方向即为旋转坐标轴 A 、 B 、 C 的正向，如图 1-24 所示。

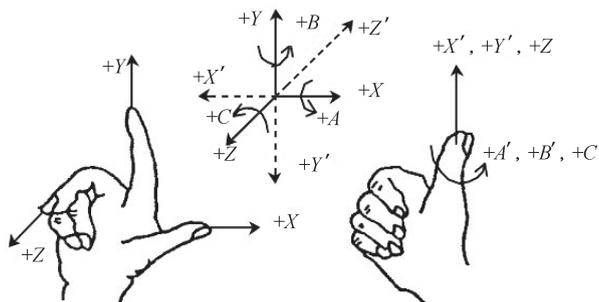


图 1-24 右手笛卡儿直角坐标系

3. 数控机床的坐标系种类

数控机床有3种坐标系，即机械坐标系、编程坐标系和工件坐标系。

(1) 机械坐标系。机械坐标系的原点是生产厂家在制造机床时固定坐标系的原点，也称为机械零点。它是在机床装配、调试时已经确定下来的，是机床加工的基础点。在使用中，机械坐标系是由参考点确定的，机床系统启动后，进行返回参考点操作，机械坐标系就建立了。机械坐标系一经建立，只要不切断电源，就不会改变。

(2) 编程坐标系。编程坐标系是编程时使用的坐标系，是编程者自己确定的，可以根据编程实际来确定。为了编程方便，编程坐标系一般设置在工作轴中心线与工件左端面或右端面交点。

(3) 工件坐标系。工件坐标系是机床进行加工时使用的坐标系，它应该与编程坐标系一致。为使编程坐标系与工件坐标系一致，就需要在数控加工前进行对刀操作，这是数控操作人员的一项基本技能。

(六) 数控加工程序

1. 数控加工程序的组成

一个完整的数控加工程序由程序号、程序内容和程序结束三部分组成，表1-9为数控加工程序示例。

表 1-9 数控加工程序示例

程序	程序段解释
O2;	程序号
T0202;	调 02 号刀，调用 02 号刀具补偿值
M03 S500;	主轴以 500 r/min 的速度正转
G00 X100 Z100 G95;	快速移动到 X100 Z100 处，设定进给速度的单位为 mm/r
G00 X28 Z10;	快速移动到 X28 Z10 处
G01 X14 F0.1;	以 0.1 mm/r 的进给速度直线移动到 X14 处
G04 P4;	时间暂停 4 s
G00 X28;	快速移动到 X28 处
G00 X100 Z100 M05;	快速返回到 X100 Z100 处，主轴停转
M30;	程序结束

(1) 程序段。程序段一般由语句号、指令和段结束标志组成。程序段是一个完整的加工工步单元。它以 N(程序段号)指令开头，一个程序段一般占一行。程序段的格式可分为地址格式、分隔地址格式、固定程序段格式和可变程序段格式等。其中，可变程序段格式应用最为广泛。

(2) 指令字。在数控加工程序中,指令字是指系列按规定排列的字符,作为一个信息单元存储、传递和操作。指令字由字母(地址符)或与其后所带的数字一起组成。常见指令字符及含义如表1-10所示。

表 1-10 指令字符及含义

程序名称	地址符	含义
程序号	O	程序编号
程序段号	N	程序段编号
准备功能	G	指令机床动作方式 G00~G99 (如直线、圆弧等)
尺寸字	X, Y, Z, U, V, W, A, B, C	坐标轴的移动指令
	R	圆弧半径、固定循环参数
	I, J, K	圆心相对于起点的坐标、固定循环参数
主轴功能	S	主轴旋转速度的指定
进给功能	F	进给速度的指定
辅助功能	M	机床开机、关机及相关控制
补偿号	D	刀具半径补偿号指定
补偿号	H	刀具长度补偿号指定
暂停	P	暂停时间指定,单位为秒
重复次数	L	子程序重复次数
倒角控制	C, R	自动倒角参数

2. 数控编程指令的主要功能

在数控编程过程中,根据工艺要求把所有的加工信息以指令的形式记录下来,这些指令具有以下五大基本功能:准备功能(G功能)、辅助功能(M功能)、主轴功能(S功能)、进给功能(F功能)、刀具功能(T功能)。这五大功能指令的分类和用途如表1-11所示。

表 1-11 数控编程指令的五大功能指令代码及用途

类别	代码组成	用途
准备功能 (G功能)	G功能指令由地址符G和后面两位数字组成,从G00~G99共100种,如G00、G01等	用于使数控机床建立起某种工作方式的指令,如G00指令是使刀具快速移动到编程规定的坐标点

续表

类别	代码组成	用途
辅助功能 (M功能)	M功能指令由地址符M和后面两位数字组成,如M03、M30等	用于指定主轴的旋转方向、启动、停止,冷却液的开关,工件或刀具的夹紧和松开,刀具的更换等
主轴功能 (S功能)	S功能指令由地址符S和后面数字组成,如S500,后面数字表示主轴转速,单位为r/min,表示主轴的转速为500 r/min	用于控制主轴转速
进给功能 (F功能)	F功能指令由地址符F和后面数字组成,后面数字为进给速度,如采用每分进给,单位为mm/min;如采用每转进给,单位为mm/r	用于定义机床加工时的进给量,即定义走刀速度的快慢程度
刀具功能 (T功能)	T功能指令由地址符T和后面四位数字组成,如T0101等,后面四位数字中的前两位数字为刀具号,后两位数字为刀具补偿号	用于选择刀具号和刀具补偿号

(1) G功能指令及其用途。

G功能指令是用于建立机床或控制系统工作方式的一种指令,其后面的数字为两位整数。G功能指令主要用于使数控机床建立某种工作方式、描述机床加工信息。G功能指令分为模态指令和非模态指令两种。

模态G功能指令是指一组可相互注销的G功能指令,这些功能指令一经被执行,则一直有效,直到被同一组的G功能指令注销为止。模态G功能指令上电时将被初始化。

非模态G功能指令只在所规定的程序段中有效,程序段结束后就被注销。

表1-12、表1-13、表1-14、表1-15为数控车床、数控铣床常用G功能指令。

表 1-12 华中数控系统(HNC)常用G功能指令(数控车)

G代码	组别	模态	用途
G00	01	√	快速定位
*G01		√	线性插补
G02		√	顺时针圆弧插补/顺时针圆柱螺旋插补
G03		√	逆时针圆弧插补/逆时针圆柱螺旋插补
G04	00		暂停

续表

G 代码	组别	模态	用途
G20	08	√	英制输入
*G21		√	公制输入
G28	00	√	返回参考点
G29		√	从参考点返回
G32	01	√	螺纹切削
*G36	17	√	直径编程
G37		√	半径编程
*G40	09	√	取消刀具半径补偿
G41		√	刀具半径左补偿
G42		√	刀具半径右补偿
G71	06		外/内圆切削复合循环
G72			端面切削复合循环
G73			闭环切削复合循环
G76			螺纹切削复合循环
*G80		√	外/内圆切削固定循环
G81		√	端面切削固定循环
G82		√	螺纹切削固定循环
*G90		13	√
G91	√		增量编程
*G94	14	√	每分钟进给
G95		√	主轴每转进给
G96	16	√	恒线速度切削
*G97		√	取消恒线速度切削

1.* 表示在开始时初始化的代码；2. 画“√”的指令为模态指令

表 1-13 FANUC (发那科) 数控系统常用 G 功能指令 (数控车)

G 代码	组别	模态	用途
G00	01	√	快速定位
*G01		√	线性插补
G02		√	顺时针圆弧插补 / 顺时针圆柱螺旋插补
G03		√	逆时针圆弧插补 / 逆时针圆柱螺旋插补
G32		√	螺纹切削
G90		√	外 / 内圆切削固定循环
G92		√	螺纹切削固定循环
G94		√	端面切削固定循环
G04		00	
G28	√		返回参考点
G50	√		坐标系设定
G65	√		宏程序命令
G70			精加工
G71			外 / 内圆切削复合循环
G72			端面切削复合循环
G73			闭环切削复合循环
G74			端面深孔加工循环
G75			外 / 内圆切槽循环
G76		螺纹切削复合循环	
G20	06	√	英制单位选择
*G21		√	公制单位选择
G96	02	√	恒线速度切削
*G97		√	取消恒线速度切削
*G98	03	√	每分钟进给
G99		√	每转进给
*G40	07	√	取消刀具半径补偿
G41		√	刀具半径左补偿
G42		√	刀具半径右补偿

1.* 表示在开始时初始化的代码；2. 画“√”的指令为模态指令

表 1-14 华中数控系统 (HNC) 常用 G 功能指令 (数控铣)

G 代码	组别	用途	模态	G 代码	组别	用途	模态
G00	01	快速定位	√	G73	06	高速深钻孔循环	√
*G01		线性插补	√	G74		左螺旋切削循环	√
G02		顺时针圆弧插补 / 顺时针 圆柱螺旋插补	√	G76		精镗孔循环	√
G03		逆时针圆弧插补 / 逆时针 圆柱螺旋插补	√	*G80		取消固定循环	√
G04	00	暂停		G81		中心钻循环	√
*G17	02	<i>XY</i> 平面	√	G82		反镗孔循环	√
G18		<i>XZ</i> 平面	√	G83		深孔钻削循环	√
G19		<i>YZ</i> 平面	√	G84		右螺旋切削循环	√
G28	00	返回参考点		G85		镗孔循环	√
G30		机床返回第二原点		G86		镗孔循环	√
*G40	09	取消刀具半径补偿		G87		反向镗孔循环	√
G41		刀具半径左补偿	√	G88		镗孔循环	√
G42		刀具半径右补偿	√	G89		镗孔循环	√
G43	10	刀具长度正方向补偿	√	*G90	13	使用绝对值命令	√
G44		刀具长度负方向补偿	√	G91		使用相对值命令	√
*G49		取消刀具长度补偿		G92	00	设置工件坐标系	
*G94	05	每分钟进给	√	*G98	15	固定循环返回起始点	√
G95		主轴每转进给	√	G99		返回固定循环 R 点	√

1.* 表示在开始时初始化的代码; 2. 画“√”的指令为模态指令

表 1-15 FANUC (发那科) 数控系统常用 G 功能指令 (数控铣)

G 代码	组别	用途	模态	G 代码	组别	用途	模态
G00	01	快速定位	√	G73	09	高速深钻孔循环	√
*G01		线性插补	√	G74		左螺旋切削循环	√
G02		顺时针圆弧插补 / 顺时针圆柱螺旋插补	√	G76		精镗孔循环	√
G03		逆时针圆弧插补 / 逆时针圆柱螺旋插补	√	*G80		取消固定循环	√
G04	00	暂停		G81		中心钻循环	√
*G17	02	XY 平面	√	G82		反镗孔循环	√
G18		XZ 平面	√	G83		深孔钻削循环	√
G19		YZ 平面	√	G84		右螺旋切削循环	√
G28	00	返回参考点		G85		镗孔循环	√
G30		机床返回第二原点		G86		镗孔循环	√
*G40	07	取消刀具半径补偿		G87	反向镗孔循环	√	
G41		刀具半径左补偿	√	G88	镗孔循环	√	
G42		刀具半径右补偿	√	G89	镗孔循环	√	
*G43	08	刀具长度正方向补偿	√	*G90	03	使用绝对值命令	√
*G44		刀具长度负方向补偿	√	G91		使用相对值命令	√
*G49		取消刀具长度补偿		G92	00	设置工件坐标系	
*G94	05	每分钟进给	√	G98	10	固定循环返回起始点	√
G95		每转进给	√	*G99		返回固定循环 R 点	√

1.* 表示在开始时初始化的代码；2. 画“√”的指令为模态指令

(2) M 功能指令及其用途。

M 功能指令是控制数控机床辅助功能的指令，主要用于完成加工操作时的辅助动作，如主轴的启/停、冷却液的开/关等。常用 M 功能指令及其用途如表 1-16 所示。

表 1-16 常用 M 功能指令及其用途

M 代码	用途	模态
M00	程序停止	非模态
M01	选择性停止	非模态
M02	程序结束指令，此时主轴旋转、进给等停止，冷却液关闭	非模态
M03	主轴顺时针旋转	模态

续表

M 代码	用途	模态
M04	主轴逆时针旋转	模态
M05	主轴停转	模态
M08	冷却液开	模态
M09	冷却液关	模态
M30	程序结束并返回程序开始处, 此时主轴旋转、进给等停止, 冷却液关闭	非模态
M98	调用子程序	非模态
M99	返回子程序	非模态

(3) F 功能指令及其用途。

F 功能指令表示刀具切削时的进给速度, 属于模态指令, 其编程格式如下所示。

指令格式: F_。

指令功能: F 表示进给地址符, “_”为一组数字, 表示进给速度。其单位通过 G 功能指令设定, 其中, G94 功能设定为每分钟进给 (mm/min), 如“G94 F0.3”表示进给速度为 0.3 mm/min; G95 功能设定为每转进给 (mm/r), 如“G95 F200”表示进给速度为 200 mm/r。

每分钟进给量与每转进给量之间的关系: $F(\text{每分钟进给量}) = n(\text{主轴转速}) \times f(\text{每转进给量})$ 。

(4) S 功能指令及其用途。

S 功能指令表示机床主轴的转速, 由 S 和其后的数字组成, 其编程格式如下所示。

指令格式: S_。

指令功能: S 表示主轴转速地址符, “_”为一组数字。S 功能指令有两种表示方式: 一种是 S 表示主轴转速, 单位为 r/min, 如 S2000 表示主轴转速为 2 000 r/min; 另一种是 S 表示在恒线速状态下切削点的线速度, 单位为 m/min, 如 S50 表示切削点的线速度为 50 m/min。

(5) T 功能指令及其用途。

T 功能指令用来定义所需选取的刀具的情况, 由 T 和其后的数字组成, 其编程格式如下所示。

指令格式: T_。

指令功能: T 表示刀具地址符, “_”为一组数字, 有“T××”(一般用于数控铣编程)和“T××××”(一般用于数控车编程)两种格式, 前两位数字表示刀具号, 后两位数字表示刀具补偿值。例如: T01 表示选择 1 号刀; T0101 表示选择 1 号刀, 1 号刀具补偿值。

▼【任务实施】

本任务是掌握零件图绘制、加工工艺分析及加工程序编制等方面的知识与技能，通过螺纹轴加工案例了解零件数控加工的一般流程及相关要求。



螺纹轴加工案例

一、实施方法及途径

通过观看数控加工视频或到车间观摩等形式了解数控加工的流程，也可通过上机实际操作或仿真软件来体验数控加工过程。

二、实施步骤

(1) 分析零件。包含零件的结构分析、加工精度分析等内容。

(2) 制定工艺。包含选择加工方案、选择毛坯、确定加工方案、选择工艺装备、计算及选择切削用量、编写工艺文件等内容。

(3) 程序编制。包含确定工件编程原点、确定走刀路线、填写程序单、编写加工程序等内容。

(4) 加工操作。包含检查机床、安装毛坯、安装刀具、对刀操作、运行程序加工、加工精度控制等内容。

(5) 设备保全。设备保全是每位操作人员的基本职责，也是对每位操作人员职业素养的基本要求。

三、实践记录

通过观看螺纹轴加工实例视频，根据自己的所见、所学、所想，完成如表1-17所示的实践记录表的填写。

表 1-17 实践记录表

项目	实践记录	
分析零件	结构特点	
	加工精度	
制定工艺	工艺过程卡	
	工序卡	
程序编制	加工方法	
	编程方法	

续表

项目	实践记录	
加工操作	工作安装	
	对刀操作	
质量检测	常用量具	
记录人:		日期:

▼【任务评价】

根据任务完成情况，完成表 1-18 的填写。

表 1-18 数控加工工艺系统认知评分表

序号	检测项目	检测内容及要求	配分	学生自检	学生互检	教师检查	得分
1	职业素养	尊重师长，待人礼貌	5				
2		安全生产，文明操作	5				
3		遵守现场 5S 规定	5				
4		工作态度认真、严谨	5				
5		有团队合作精神，善于分享	5				
6	分析零件	结构分析	5				
7		加工精度分析	5				
8	制定工艺	选择加工方案	5				
9		确定加工方案	10				
10		选择工艺装备	5				
11		计算及选择切削用量	10				
12		编写工艺文件	10				
13	程序编制	确定走刀路线	5				
14		填写程序单	10				
15		编写加工程序	10				
综合得分			100				

▼【任务巩固】

1. 指出图 1-25 所示的零件图的各个部分的名称。

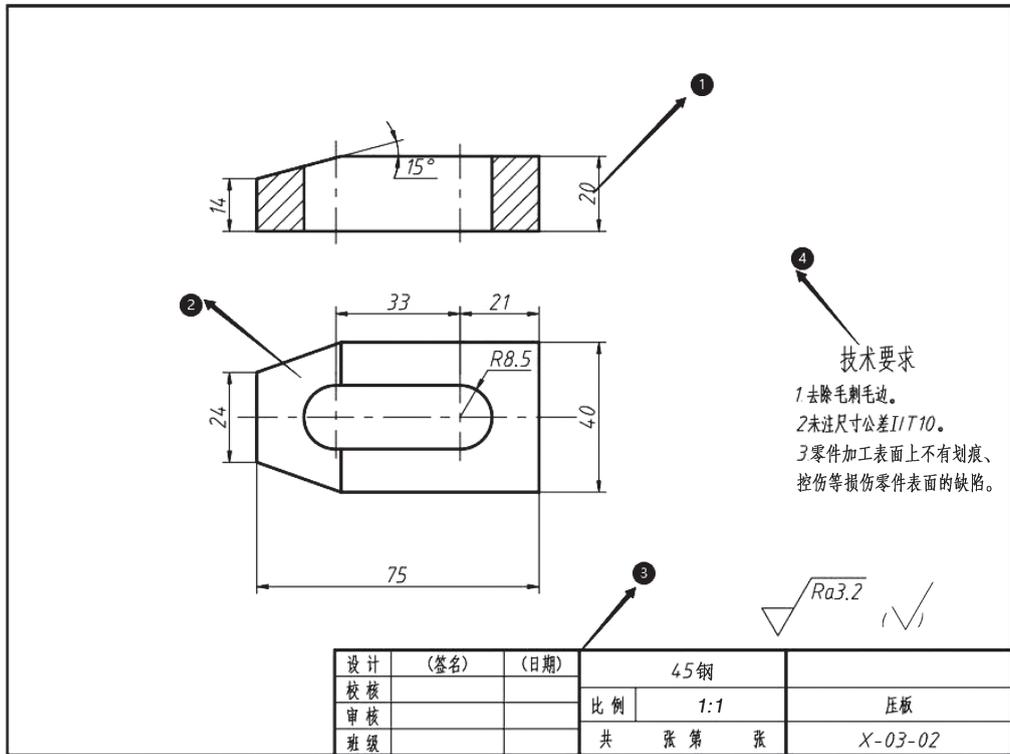


图 1-25 压板零件图

① _____；② _____；③ _____；④ _____。

2. 请用连线指出零件图各组成部分所对应的作用。

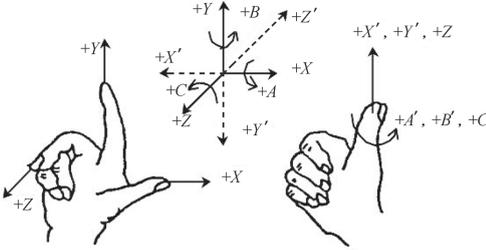
表 1-19 零件图的作用

组成部分	连线	作用
尺寸		用于填写零件的名称、材料、数量、比例、图样编号、责任人签署（制图设计人、校核人、审核人、审定人等）、制图日期、制图单位等。
视图		用于正确、完整、清晰地表达零件的结构和形状
标题栏		用于说明零件在制造和检验时应达到的各种要求
技术要求		用于正确、完整、清晰、合理地确定零件各部分的大小和相对位置（尺寸公差、形位公差）

3. 右手笛卡儿直角坐标系是数控机床建立坐标系的依据，用右手手指来表示机床的坐标轴，其中大拇指为 _____ 轴，食指为 _____ 轴，中指为 _____ 轴。

请完成表 1-20 的填写。

表 1-20 右手笛卡儿直角坐标系及说明

右手笛卡儿直角坐标系	说明
	<p>在数控加工中，X、Y、Z 分别表示三个移动轴，而多轴数控加工中增加了旋转轴，其中，绕着 X 轴旋转的为_____轴，绕着 Y 轴旋转的为_____轴，绕着 Z 轴旋转的为_____轴</p>