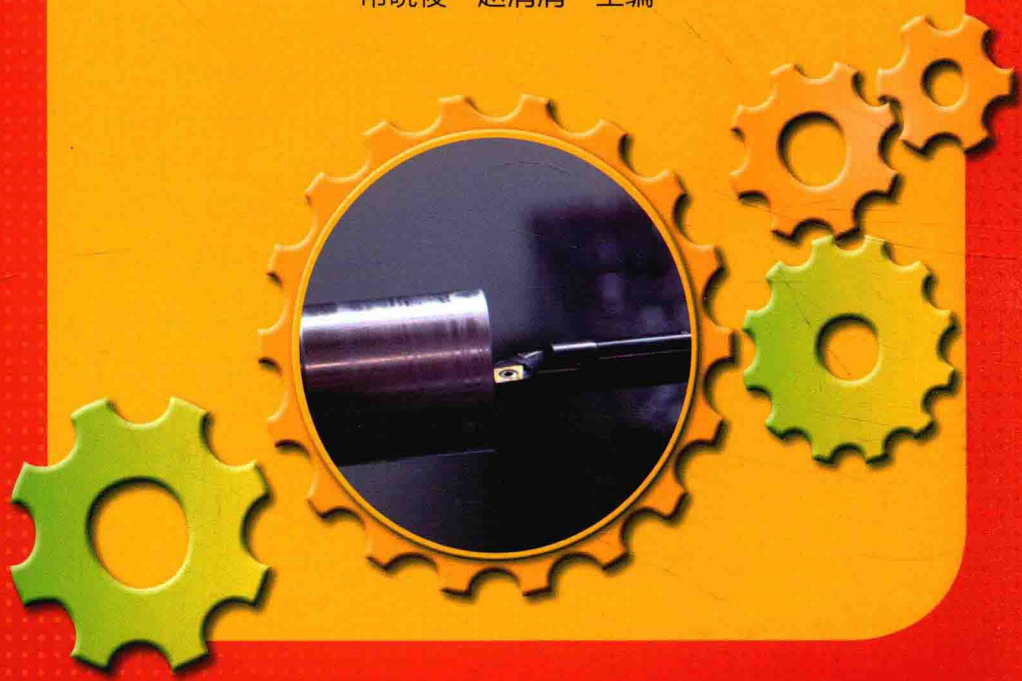


Technology
实用技术

看 图 学 数 控 编 程 与 操 作

图解数控车削 编程与操作

常晓俊 赵涓涓 主编



科学出版社

看图学数控编程与操作

图解 数控车削编程与操作

常晓俊 赵涓涓 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共7章, 主要内容包括: 数控车床加工基础知识、数控车削编程简单指令、循环指令、子程序应用、宏程序加工、数控车削编程综合应用、数控车床操作及维护与保养等。

本书注重从数控车削编程的每个细节作详尽地解析, 并配以相应的图例作充分说明, 图文并茂、通俗易懂, 轻松上手, 适合任何一个无经验、零起点的读者。本书可读性强、可操作性强, 是一本数控车削入门级专业技术书籍。

本书可作为工科院校数控专业学生和教师的教学用书, 也可作为数控加工企业的初、中级技术工人的技能培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

图解数控车削编程与操作 / 常晓俊, 赵涓涓主编. —北京: 科学出版社, 2016.1

(看图学数控编程与操作)

ISBN 978-7-03-046438-5

I. 图… II. ①常… ②赵… III. ①数控机床-车床-车削-程序设计-图解 ②数控机床-车床-车削-加工-图解 IV. ①TG519.1-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第274542号

责任编辑: 张莉莉 杨 凯 / 责任制作: 魏 谨

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 刘素霞

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

天津新科印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年1月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016年1月第一次印刷 印张: 13 1/2

印数: 1—4 000 字数: 256 000

定价: 45.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前言

本书以目前国内主流、典型的FANUC系统数控车床为写作背景，紧紧围绕数控车削加工中的工艺、编程与操作等核心内容进行全面、系统地阐述。

在本书编写过程中，注重结合我国数控技术、机械工程专业领域人才需求的实际情况，从培养技术应用型人才的目的出发，着重对数控车削加工编程人员、操作人员的理论基础及实践能力进行培养，引入大量典型零件的数控加工实例，并配以零件的实体模型及图解，由简单到复杂，使读者对每个零件任务的加工都有很直观的了解，对其内容也能够深入理解，帮助读者逐步掌握编程思路，以达到满意的效果。

本书按照读者的学习规律和学习特点，从易到难，由浅入深，在每个指令项目的引领下以图解的方式完成任务所需的理论知识和实操技能。在基础入门和指令详解编写过程中，注重从每个细节作详尽地解析，并结合数控车削编程特点，都配以相应的图做充分说明，图文并茂，通俗易懂，轻松入手，适合任何一个无技巧、无经验、零起点的读者。可读性强，可操作性强。内容共分为7章，包括：数控车床加工基础知识、数控车削编程简单指令、循环指令、子程序应用、宏程序加工、数控车削编程综合应用、数控车床操作及维护与保养等。

本书具有以下特色：

(1) 打破了学科体系，突出了以能力为本位的要求，在基础知识选择上，以“必需、够用”为原则，体现了针对性和实践性。

(2) 完善的知识体系。从基础入门、指令详解到综合应用，分模块类型的方式编排，采用阶梯式教学方法。另外，在每个指令详解后，紧跟着实例应用，能加深和巩固知识的理解和掌握。

(3) 综合应用突出细节。本书第6章精选数控车削典型零件类型，统一采用工艺分析+程序编制的结构编排，从零件图识别→工艺处理→工件装夹→刀具选择→工件坐标系设定→走刀轨迹确定→切削用量选定→部分轨迹节点计算→程序编制的线索进行详细分析，并配有相应的图解，程序当中有相应的注释。概念严谨，指导性强，最终达到精通的目的。

(4) 将数控编程与操作紧密结合，突出实践环节的机床基本操作步骤、操作规程及方法，一步一步指引，逐步提高读者的使用操作能力，注重



现实社会发展和就业需求，以培养职业岗位群的综合能力为目标，强化应用，有针对性地培养读者较强的职业技能。

本书由山西工程职业技术学院常晓俊、赵涓涓主编，山西工程职业技术学院姚瑞敏、杨宜宁，太原技师学院卫新晶参编。其中，杨宜宁编写第1章；赵涓涓编写第2、3、5章和第6章部分内容；姚瑞敏编写第4章和第6章部分内容；卫新晶编写第7章。全书由山西工程职业技术学院常晓俊负责统稿，由晋西机器工业集团有限责任公司培训中心霍军伍主审。

本书编写过程中，参阅了大量国内外同行的专著、教材、论文等专业文献，也浏览了众多精品课程网站和专业公司网站，并到相关企业进行了调研，同时得到山西汾西重工有限责任公司工程师史鹏及其他许多同行专家、学者的支持和帮助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正，以尽早修订完善。

编 者

目 录

第 1 章 数控车床加工基础知识

1.1	认识数控车床	1
1.1.1	数控车床基本组成及工作原理	1
1.1.2	数控车床的主要工艺用途	4
1.1.3	数控车床坐标系的设定	5
1.2	数控车削刀具	8
1.2.1	车刀的种类及用途	8
1.2.2	刀具的选择	14
1.2.3	刀具的装夹	17
1.3	数控车床典型加工工艺路线	18
1.4	数控编程基础	25
1.4.1	数控车床加工程序结构与格式	25
1.4.2	编程坐标系的设定	28
1.5	基本指令功能	28
1.5.1	G指令	28
1.5.2	M指令	32
1.5.3	主轴功能S、进给功能F 和刀具功能T	34
1.6	刀位点、起刀点、对刀点	35
1.7	编程举例	37

第 2 章 数控车削编程简单指令

2.1	快速定位和直线插补指令 (G00/G01)	39
2.1.1	指令详解	39
2.1.2	应用范例	44
2.2	圆弧插补指令 (G02/G03)	47
2.2.1	指令详解	47

2.2.2	顺时针圆弧、逆时针圆弧方向的判别	48
2.2.3	应用范例	50
2.3	暂停指令 (G04)	54
2.3.1	指令详解	54
2.3.2	应用范例	55
2.4	刀具半径补偿指令 (G41/G42/G40)	57
2.4.1	指令详解	57
2.4.2	应用范例	60
2.5	单行程螺纹切削指令 (G32)	62
2.5.1	指令详解	62
2.5.2	应用范例	65

第3章 数控车削编程循环指令

3.1	轴向切削固定循环指令 (G90)	71
3.1.1	指令详解	71
3.1.2	应用范例	73
3.2	端面切削固定循环指令 (G94)	77
3.2.1	指令详解	77
3.2.2	应用范例	78
3.3	螺纹切削固定循环指令 (G92)	81
3.3.1	指令详解	81
3.3.2	应用范例	82
3.4	内、外径复合循环指令 (G71/G70)	87
3.4.1	指令详解	87
3.4.2	应用范例	90
3.5	端面粗车复合循环指令 (G72)	95
3.5.1	指令详解	95
3.5.2	应用范例	97
3.6	封闭切削复合循环指令 (G73)	99
3.6.1	指令详解	99

3.6.2	应用范例	101
3.7	复合外圆、内圆切槽循环指令 (G75)	103
3.7.1	指令详解	103
3.7.2	应用范例	104
3.8	端面 (轴向) 车槽循环指令 (G74)	106
3.8.1	指令详解	106
3.8.2	应用范例	107
3.9	螺纹切削复合循环指令 (G76)	109
3.9.1	指令详解	109
3.9.2	应用范例	111

第 4 章 子程序

4.1	为什么要调用子程序	113
4.2	子程序调用格式	113
4.2.1	子程序的格式	113
4.2.2	子程序的调用	114
4.3	应用范例	115

第 5 章 宏程序

5.1	宏程序基础	119
5.1.1	变 量	119
5.1.2	运算符与表达式	121
5.1.3	转移与循环指令	122
5.2	主要应用	125
5.2.1	椭圆加工	125
5.2.2	抛物线加工	128

第 6 章 数控车削编程综合应用

6.1	圆弧阶梯轴零件加工	131
6.1.1	工艺分析	132

6.1.2 程序编制	133
6.2 复杂台阶轴加工（带螺纹曲面轴类零件加工）	137
6.2.1 工艺分析	138
6.2.2 程序编制	139
6.3 螺纹圆弧轴套加工	147
6.3.1 工艺分析	148
6.3.2 程序编制	150
6.4 内、外轮廓综合加工零件（体现子程序、槽指令）	159
6.4.1 工艺分析	159
6.4.2 程序编制	163
6.5 复杂轴类零件（体现宏程序）	168
6.5.1 工艺分析	168
6.5.2 程序编制	170

第7章 数控车床操作面板及机床的基本操作

7.1 数控车床操作面板功能简介	181
7.2 数控车床开关和关机操作步骤	185
7.2.1 开机操作步骤	185
7.2.2 关机操作步骤	185
7.3 数控车床回参考点操作步骤	186
7.4 数控车床对刀操作（建立工件坐标系的操作步骤）	188
7.5 程序编辑	192
7.5.1 进入程序管理界面	192
7.5.2 程序号、程序段及程序的建立	193
7.5.3 编辑程序	193
7.6 数控车床简单程序上机调试	194
7.6.1 输入一段程序	194
7.6.2 主轴的正转、反转、停止	196
7.6.3 自动换刀	197
7.6.4 运行程序的选择	197

7.6.5 自动加工方式	198
7.7 简单零件加工操作实例	198
7.8 数控车床安全操作规程	201
7.9 数控车床维护保养	205
参考文献	206

第 1 章

数控车床加工 基础知识

1.1 认识数控车床

1.1.1 数控车床基本组成及工作原理

1. 数控车床的基本组成

数控车床又称为CNC (Computer Numerical Control) 车床,即用计算机数字控制的车床。数控车床是一种用数字化代码作指令,由数字控制系统进行控制的自动化车床。它是综合应用了电子技术、计算机技术、自动控制、精密测量和机床设计等领域的先进技术成就而发展起来的一种新型自动化车床。

数控车床主要由输入/输出设备、数控系统、伺服系统、驱动装置、位置检测反馈装置和车床本体组成。图1.1所示为数控车床外观。图1.2所示为数控车床的结构简图。

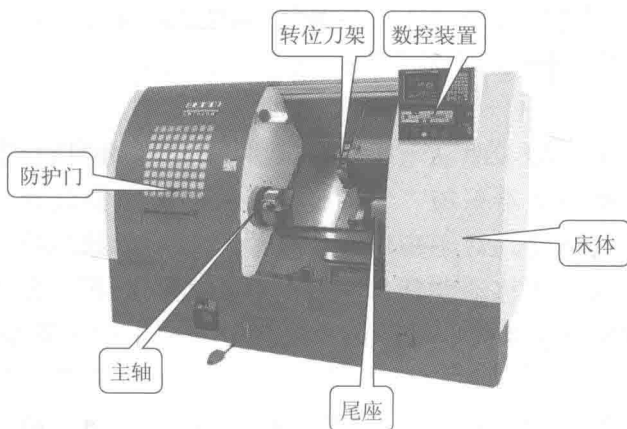


图1.1 数控车床外观

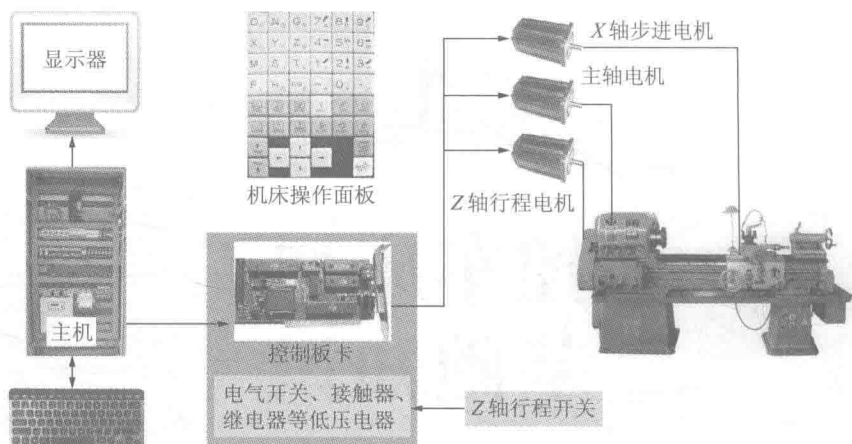


图1.2 数控车床的结构简图

1) 输入/输出设备

输入装置是将各种加工信息传递给计算机的外部设备。在数控机床产生初期,输入装置为穿孔纸带,现已淘汰,后发展成盒式磁带,再发展成键盘、磁盘等便携式硬件,极大方便了信息输入工作,现通用DNC网络通信串行通信的方式输入。

输出是指输出内部工作参数(含机床正常、理想工作状态下的原始参数、故障诊断参数等),一般在机床刚工作状态需输出这些参数作记录保存,待机床工作一段时间后,再将输出与原始资料作比较、对照,可帮助判断机床工作是否维持正常。

2) 数控系统

数控系统是数控车床的核心,数控系统由信息的输入、处理和输出三个部分组成。数控系统接受数字化信息,经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行译码、插补、逻辑处理后,将各种指令信息输出给伺服系统,伺服系统驱动执行部件作进给运动。

3) 伺服系统

伺服系统由驱动器、驱动电机组成,并与车床上的执行部件和机械传动部件组成数控车床的进给系统。它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成车床移动部件的运动。对于步进电机来说,每一个脉冲信号使电机转过一个角度,进而带动机床移动部件移动一个微小距离。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统,车床的性能主要取决于伺服系统。

4) 驱动装置

驱动装置把经放大的指令信号转变为机械运动,通过简单的机械连接部

件驱动机床,使工作台精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动,最后加工出图纸所要求的零件。和伺服单元相对应,驱动装置有步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机等。

伺服单元和驱动装置可合称为伺服驱动系统,它是机床工作的动力装置,CNC装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施,所以,伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。

5) 位置检测装置

位置检测装置也称为反馈元件,包括光栅、旋转编码器、激光测距仪、磁栅等。通常安装在机床的工作台或丝杠上,它把机床工作台的实际位移转变变成电信号反馈给CNC装置,供CNC装置与指令值比较产生误差信号,以控制机床向消除该误差的方向移动。

6) 车床本体

数控车床的机床本体与传统车床相似,由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控车床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大的变化,这种变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。

2. 数控车床的工作原理

一般在使用数控机床时,首先要将被加工零件图纸的几何信息和工艺信息用规定的代码和格式编写成加工程序;然后将加工程序输入到数控装置。数控装置按照程序的要求,经过数控系统信息处理、分配,使各坐标移动若干个最小位移量,实现刀具与工件的相对运动,完成零件的加工。数控机床的工作过程如图1.3所示。

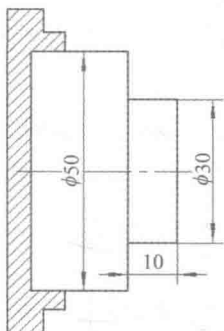
数控车床工作大致分为下面4个步骤。

(1) 根据零件图要求的加工技术内容,进行数值计算、工艺处理和程序设计。

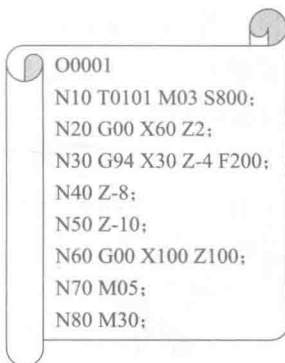
(2) 将数控程序按数控车床规定的程序格式编制出来,并将加工程序输入到数控装置。

(3) 由数控系统接收数控程序,并对其进行译码。再转换为控制X、Z等方向运动的电脉冲信号,以及其他辅助处理信号,向数控装置的输出端口以脉冲信号的形式发出,要求伺服系统进行执行。

(4) 根据X、Z等运动方向的电脉冲信号由伺服系统处理并驱动机床的驱动装置动作,使车床自动完成相应零件的加工。



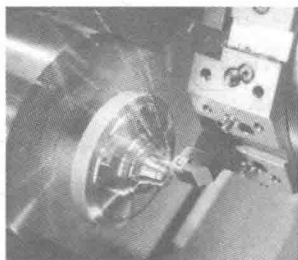
(a) 零件工艺分析



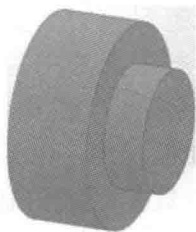
(b) 编写零件加工程序



(c) 向机床输入零件加工程序



(d) 程序指令发送到数控机床，
刀具与工件的相对运动



(e) 最终完成零件加工

图1.3 数控机床的工作过程

1.1.2 数控车床的主要工艺用途

数控车床的主要工艺用途如下：

(1) 数控车床能加工精度要求高、形状更加复杂的回转体零件。

(2) 数控车床主要用于对各种回转表面进行车削加工（图1.4）。在数控车床上可以进行内外圆柱面、圆锥面、成形回转面、螺纹面、高精度的曲面以及端面螺纹的加工。

(3) 数控车床上所使用的刀具具有螺纹刀、切槽刀以及钻头、铰刀、镗刀等孔加工刀具（图1.5）。

(4) 数控车床加工零件的尺寸精度可达IT5~IT6，表面粗糙度 Ra 可达 $1.6\mu\text{m}$ 以下。

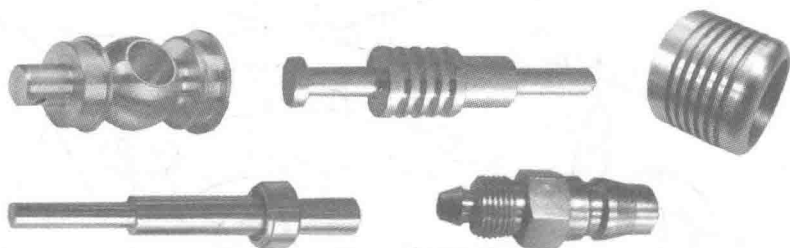


图1.4 数控车床加工零件示例

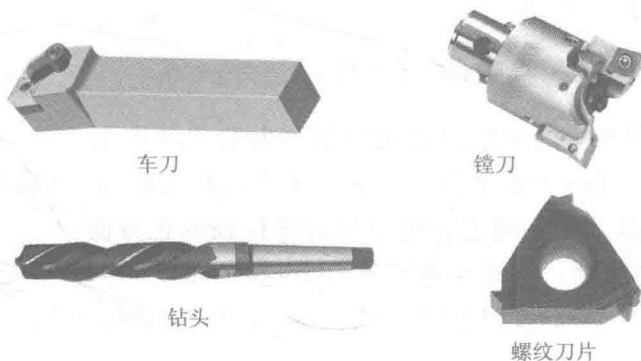


图1.5 数控车床常见刀具

1.1.3 数控车床坐标系的设定

1. 建立坐标系的基本原则

(1) 假定工件静止，刀具相对于工件移动（图1.6）。

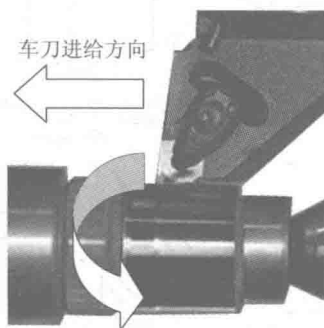


图1.6 假定工件静止，刀具相对于工件移动

(2) 坐标系采用右手直角笛卡儿坐标系。如图1.7所示，大拇指的方向为 X 轴的正方向，食指指向为 Y 轴的正方向，中指指向为 Z 轴的正方向。在确定了 X 、 Y 、 Z 坐标的基础上，根据右手螺旋法则，可以很方便地确定出 A 、 B 、 C 三个旋转坐标的方向。

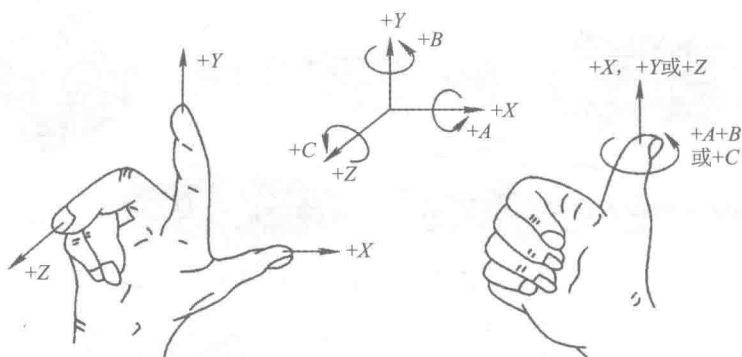


图1.7 右手笛卡儿直角坐标系

(3) 规定Z坐标的运动由传递切削动力的主轴决定，与主轴轴线平行的坐标轴即为Z轴，X轴为水平方向，平行于工件装夹面并与Z轴垂直。

(4) 规定以刀具远离工件的方向为坐标轴的正方向。

依据以上的原则，当车床为前置刀架时，X轴正向向前，指向操作者，如图1.8所示；当机床为后置刀架时，X轴正向向后，背离操作者，如图1.9所示。

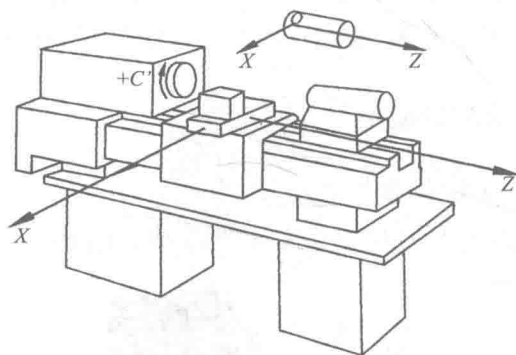


图1.8 水平床身前置刀架式数控车床的坐标系

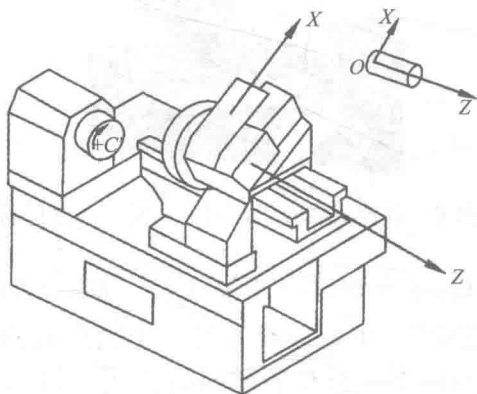


图1.9 倾斜床身后置刀架式数控车床的坐标系

知识加油站

前置刀架数控车床和后置刀架数控车床

通常根据刀台与操作者的位置来判定，刀架与操作者同侧，为前置刀架数控车床；反之，刀架与操作者不同侧或对面，则为后置刀架数控车床，如图1.10所示。

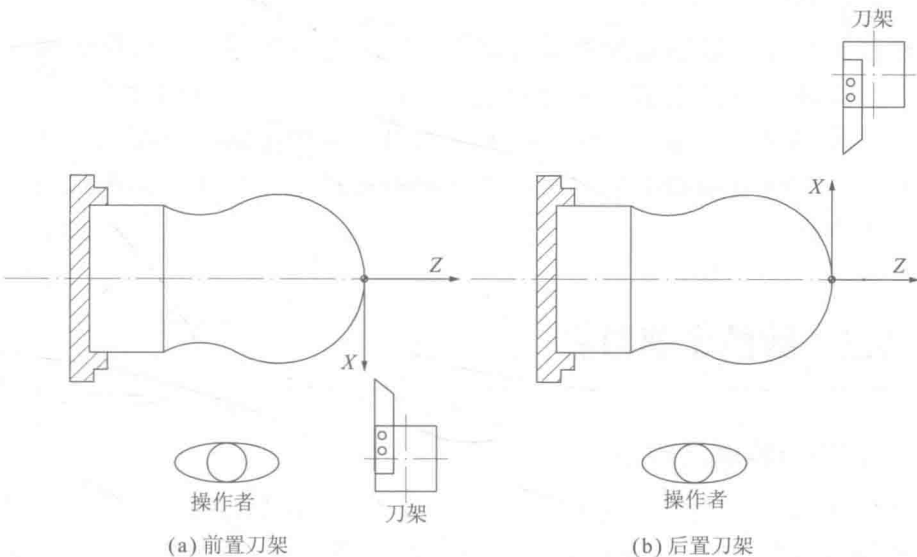


图1.10 刀架位置与操作者关系

2. 机床坐标系

机床坐标系是以机床原点为坐标系原点建立起来的ZOX轴直角坐标系。

1) 机床原点

机床原点（又称为机械原点）即机床坐标系的原点，是机床上一个固定点，其位置是由机床设计和制造厂家确定的，通常不允许用户改变。数控车床的机床原点一般为主轴回转中心与卡盘后端面的交点，如图1.11所示。

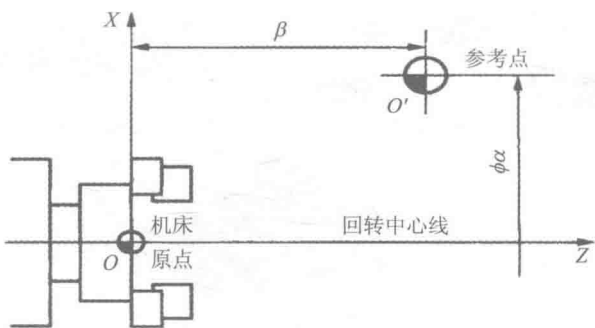


图1.11 机床原点与机床参考点