



21世纪高职高专机电类立体化精品教材·数控系列
工学结合教学改革与创新成果

数控加工技术

翟雁 杨丽 主编



教学资源

电子课件: 包含7章PPT课件

教学参考: 包含教学视频、课时规划和课程说明

课后习题: 课后习题答案

案例库: 补充教学案例

资源拓展: 包含学习网站、模拟软件

教学检测: 2份期末考试卷

教学服务: www.jxzy.com.cn



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



21世纪高职高专机电类立体化精品教材·数控系列
工学结合教学改革与创新成果

数控加工技术

翟雁 杨丽 主编
王立新 袁艳伟 刘玲 副主编

常州大学图书馆
藏书章



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工技术 / 翟雁, 杨丽主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2014. 8
21 世纪高职高专机电类立体化精品教材. 数控系列
ISBN 978-7-5623-4411-7

I. ①数… II. ①翟… ②杨… III. ①数控技术 - 加工 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 221343 号

数控加工技术

SHUKONG JIAGONG JISHU

翟雁 杨丽 主编

出 版 人: 韩中伟

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutc13@scut.edu.cn

营销部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

项目策划: 王 磊

责任编辑: 王 磊 于 洋

印 刷 者: 北京楠萍印刷有限公司

开 本: 787mm×960mm 1/16 印张: 19 字数: 395 千

版 次: 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 42.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

本书共分为七个项目，主要内容为数控加工技术基础、数控加工工艺设计、数控加工的程序编制、数控车削加工技术、数控铣削加工技术、数控加工中心加工技术和数控线切割加工技术。

本书主要特点是按“项目结合知识链接”的模式，设计了任务引入、任务分析、知识准备、任务实施等多个模块，同时，根据具体需要设计了相应的拓展实训项目。内容是以典型工作任务为载体，整合相应的知识、技能，实现理论与实践的统一，解析贴近企业的实际问题，有利于培养学生分析问题和解决问题的综合能力。正文中设置了小提示等特色模块，意在提高学生的学习兴趣，促进学生的全面发展。全书共设置小提示 53 个，知识拓展 14 个，拓展实训 5 个。每个项目最后设置了项目小结和项目检测内容。

本书主要作为高等职业院校数控技术、模具设计与制造等专业的教材，供三年制或四年制教学使用，也可供企业人员培训使用。

本教材为适应高职高专“工学结合”一体化的教学改革模式，全面提高学生的职业能力，满足学生职业生涯发展和适应社会经济发展的需要而编写。

1. 教材编写目标

本书是根据国家职业技能鉴定标准的要求及高职高专数控、模具专业的培养教学目标，结合企业需求，根据《数控加工技术》的大纲编写而成。力求通过学习使学生了解数控车床、数控铣床、加工中心及线切割机床的种类、功能、结构及使用场合；掌握 FANUC 0i 系统的数控车床、数控铣床、加工中心及线切割机床的编程特点、方法、常用指令及典型零件的工艺设计与程序编制；能够熟练操作机床，并能进行零件加工。

2. 教材内容组成

本书共分为七个项目，主要内容为数控加工技术基础、数控加工工艺设计、数控加工程序编制、数控车削加工技术、数控铣削加工技术、数控加工中心加工技术和数控线切割加工技术。在内容的选择和组织上，坚持以能力为本位，重视实践能力的培养。

项目一是数控加工技术基础，主要介绍数控机床的组成、种类、加工特点、应用及其发展趋势。项目二是数控加工工艺设计，详述了数控加工的工艺特点与内容、工艺分析方法、工艺路线设计及工序设计和工艺文件。项目三是数控加工程序编制，主要分析零件程序编制的内容与方法、零件加工程序的指令代码与程序结构，最后通过数控加工编程实例检验所学知识的掌握情况。项目四是数控车削加工技术，讲述数控车床的分类及程序编制、FANUC 0i 系统的数控车床编程指令及编程实例，并介绍了用户宏程序。项目五是数控铣削加工技术，讲述数控铣床的分类、加工对象、刀具与铣削用量的选择、FANUC 0i 系统的数控铣床编程的编程指令及编程实例。项目六是数控加工中心加工技术，主要讲述数控加工中心的分类、特点、基本结构、对刀及参数设置、编程特点与要点以及 FANUC 0i

系统的加工中心编程指令与编程实例。项目七数控线切割加工技术, 主要介绍数控线切割机的分类、结构特点、常用功能, 电火花线切割加工的特点、应用及工艺和编程方法。

本书主要作为高等职业院校数控技术、模具设计与制造等专业的教材, 供三年制或四年制教学使用, 也可供企业人员培训使用。

3. 教材编写特点

(1) 本教材是按“项目结合知识链接”的模式, 设计任务引入、任务分析、知识准备、任务实施等多个模块。同时, 根据具体需要设计了相应的拓展实训, 包括实训目标、实训准备、实训步骤、实训报告、教师评分等模块。教材着重于提升学生的实践能力, 从实践中掌握技能, 实操性较强。

(2) 教材体现了“工学结合一体化”的教学理念, 以典型工作任务为载体, 整合相应的知识和技能, 实现理论与实践的统一, 使学生在贴近企业的具体职业情境中学习, 既符合职业教育的基本规律, 又有利于培养学生分析问题、解决问题的综合职业能力。

(3) 教材充分体现“以学生为主体, 教师为主导”的教学思路。通过多媒体教学与实训车间一体化的教学, 引导学生自学、查阅资料、相互协作; 教师仅起引导、指导和答疑作用。

(4) 教材内容充分体现新技术、新设备、新工艺和新方法, 突出工艺要领和操作技能的培养, 具有超前性和先进性。

(5) 教材在内容上突出实用性、先进性; 在编写方式上, 通俗易懂, 由浅入深, 并力求全面、系统和重点突出; 在表现形式上, 图文并茂, 并附有教学资料包。

本书在编排上注重理论与实践相结合, 将知识分解成具体的操作任务。正文中设置了小提示等特色模块, 意在提高学生的学习兴趣, 促进学生的全面发展。全书共设置小提示 53 个, 知识拓展 14 个, 拓展实训 5 个。每个项目最后设置了项目小结和项目检测内容。

本书由翟雁、杨丽担任主编, 王立新、袁艳伟、刘玲担任副主编。项目一由王立新编写, 项目二、三由翟雁编写, 项目四由袁艳伟编写, 项目五、六由杨丽编写, 项目七由刘玲编写。在编写过程中得益于参考文献中编著者的有关资料, 在此, 向他们表示衷心的感谢!

限于编者水平有限, 编写时间较紧迫, 书中难免存在缺点和遗漏, 恳请广大读者批评指正。

编 者

CONTENTS

目 录

项目一 数控加工技术基础

任务：学习数控机床的基本操作.....	2
任务引入	2
任务分析	2
知识准备	2
一、数控机床的概念.....	2
二、数控机床的组成.....	2
三、数控机床的分类.....	5
四、数控机床加工的特点	9
五、数控机床的应用	10
六、数控面板功能介绍.....	11
任务实施	13
一、开机操作	13
二、回参考点操作.....	13
三、主轴转动操作.....	14
四、MDI 面板操作.....	14
五、关机操作	14
任务评价	14
知识拓展	15
项目小结	15
项目检测	15

项目二 数控加工工艺设计

任务一：拟定简单零件加工的 工艺流程	17
任务引入	17
任务分析	17
知识准备	17
一、数控加工的工艺特点	17
二、数控加工的工艺内容	18
任务实施	19
任务评价	20
知识拓展	21
任务二：分析复杂零件加工的工艺.....	22
任务引入	22
任务分析	23
知识准备	23
一、零件图样的工艺性分析	23
二、零件结构的工艺性分析	24
三、毛坯选择分析.....	28
四、定位基准的选择与分析	29
任务实施	34

一、毛坯的制造形式.....	34
二、加工方法的选择.....	35
三、加工阶段的划分.....	35
四、工序的集中与分散.....	35
五、定位基准的选择.....	35
任务评价.....	36

任务三：设计数控加工的工艺路线	36
任务引入.....	36
任务分析.....	37
知识准备.....	37
一、表面加工方法的选择.....	37
二、工序的划分与安排.....	40
任务实施.....	43
一、加工工艺分析.....	43
二、确定加工路线.....	44
任务评价.....	44

任务四：设计数控加工的工序	45
任务引入.....	45
任务分析.....	46
知识准备.....	46
一、工装设备的选择.....	46
二、加工路线的确定.....	48
三、切削用量的选择.....	50
四、制作数控加工的工艺文件.....	52
任务实施.....	54
一、分析零件工艺性能.....	54
二、选定加工内容.....	54
三、选用毛坯或明确来料状况.....	54
四、确定装夹方案.....	54
五、确定加工方案.....	54
六、确定加工顺序、选择加工刀具.....	55
七、确定加工路线.....	55
八、填写工序卡片.....	56
任务评价.....	56

拓展实训：轴类零件的工艺设计	57
实训目标.....	57
实训要求.....	57
实训准备.....	57
实训步骤.....	57

项目小结	59
项目检测	59

项目三 数控加工的程序编制

任务一：编制简单零件的加工程序	61
任务引入.....	61
任务分析.....	61
知识准备.....	61
一、零件程序编制的内容及步骤.....	61
二、零件程序编制的方法.....	65
任务实施.....	67
一、分析加工工艺.....	67
二、编写加工技术文件.....	68
三、参考程序.....	68
任务评价.....	68
知识拓展.....	69

任务二：加工简单轴类零件	70
任务引入.....	70
任务分析.....	70
知识准备.....	70
一、坐标轴和运动方向命名的原则.....	70
二、坐标系.....	72
三、零件程序的组成.....	75
四、加工程序的指令代码.....	77
任务实施.....	82
一、加工分析.....	82
二、加工程序编制.....	82
任务评价.....	83

知识拓展	84	三、数控车床制定加工方案的要求.....	105
任务三：编写复杂零件的加工程序	85	四、FANUC 0i 系统数控车床的 编程指令	107
任务引入	85	任务实施	116
任务分析	86	一、任务工艺分析	116
知识准备	86	二、程序编制	117
圆弧、圆锥的加工方法	86	任务评价	118
任务实施	88	知识拓展	119
一、加工分析	88	任务三：加工螺纹轴类零件	121
二、加工程序编制	90	任务引入	121
任务评价	91	任务分析	121
项目小结	92	知识准备	122
项目检测	92	一、螺纹术语与计算	122
项目四 数控车削加工技术		二、三角螺纹车刀	124
任务一：认识数控车床	94	三、三角螺纹车刀螺纹常用指令	124
任务引入	94	四、螺纹的加工方法	126
任务分析	94	任务实施	128
知识准备	94	一、螺纹轴的工艺设计	128
一、数控车床的用途	94	二、编制加工程序	130
二、数控车床的分类	96	任务评价	131
三、数控车床的特点	97	任务四：加工简单套类零件	131
任务实施	98	任务引入	131
一、安全文明生产知识	98	任务分析	132
二、参观实训车间	98	知识准备	132
任务评价	99	一、孔加工刀具的种类及用途	132
知识拓展	99	二、线性轮廓加工循环指令 (G71、G72、G70)	133
任务二：加工简单阶梯轴	99	任务实施	135
任务引入	99	一、轴套的工艺设计	135
任务分析	100	二、编制加工程序	136
知识准备	100	任务评价	137
一、数控车床的编程特点	100	知识拓展	138
二、手工编程中的数学处理	102	任务五：加工复合轴类零件	139

任务引入	139
任务分析	139
知识准备	139
一、数控车床典型夹具	139
二、固定形状粗车循环	140
任务实施	141
一、加工工艺分析	141
二、加工程序编制	143
任务评价	144

任务六：用户宏程序加工非圆曲线.....145

任务引入	145
任务分析	145
知识准备	145
一、用户宏程序的定义	145
二、用户宏程序的变量	145
三、用户宏程序的格式与调用	146
四、A 类型用户宏程序	147
五、B 类型用户宏程序	148
任务实施	150
一、加工工艺分析	150
二、加工程序编制	151
任务评价	152

拓展实训：车削对刀与 MDI 加工.....152

实训目标	152
实训要求	152
实训步骤	152
实训报告要求	153
实训检测	153

项目小结 153 |

项目检测 153 |

项目五 数控铣削加工技术

任务一：认识数控铣床.....156

任务引入	156
任务分析	156
知识准备	156
一、数控铣床的分类	156
二、数控铣床的加工对象	157
任务实施	158
任务评价	159
知识拓展	159

任务二：加工台阶类零件.....159

任务引入	159
任务分析	160
知识准备	160
一、工件的装夹与加工方法	160
二、选择刀具与铣削用量	161
三、FANUC 0i 系统数控铣床的 编程指令	164
四、G 功能指令介绍	167
任务实施	173
一、加工分析	173
二、编写程序	174
任务评价	175

任务三：加工轮廓类零件.....176

任务引入	176
任务分析	176
知识准备	176
一、子程序指令	176
二、刀具补偿功能指令	177
任务实施	180
一、加工分析	180
二、加工程序分析	182
任务评价	184

任务四：加工孔类零件.....184

任务引入	184
任务分析	184

知识准备	185
一、选择孔加工的方法	185
二、选择孔加工的刀具与切削用量	185
三、孔加工固定循环功能指令	189
任务实施	194
一、加工分析	194
二、加工程序编制	196
任务评价	197
知识拓展	198

任务五：加工螺纹孔零件	198
任务引入	198
任务分析	199
知识准备	199
一、左旋螺纹攻螺纹与右旋螺纹 攻螺纹循环	199
二、螺纹加工方法的选择	200
三、攻螺纹及铣螺纹加工路线	201
任务实施	202
一、加工分析	202
二、加工程序编制	204
任务评价	205

拓展实训：铣削对刀与 MDI 加工	205
实训目标	205
实训准备	205
实训步骤	205
实训报告	206
教师评分	206

项目小结	206
项目检测	206

项目六 数控加工中心加工技术

任务一：认识数控加工中心	210
任务引入	210

任务分析	210
知识准备	210
一、数控加工中心的分类	210
二、数控加工中心的基本结构	211
三、数控加工中心的特点	214
任务评价	216
知识拓展	216
任务实施	216

任务二：加工十字型腔零件	217
任务引入	217
任务分析	217
知识准备	218
一、数控加工中心的编程特点与要点	218
二、数控加工中心的对刀及参数设置	219
三、FANUC 0i 系统的加工中心编程 指令	224
任务实施	227
一、加工分析	227
二、加工程序编制	229
任务评价	233
知识拓展	234

任务三：加工盘类零件	235
任务引入	235
任务分析	235
知识准备	235
坐标系旋转功能指令 (G68、G69)	235
任务实施	236
一、加工分析	236
二、加工程序编制	239
任务评价	242

拓展实训：凸台槽孔板零件加工	243
实训任务	243
任务要求	243
实训目标	243

实训准备	243
实训步骤	243
一、识读零件图	243
二、加工工艺分析	244
三、刀具与铣削用量的选择	244
四、加工步骤	244
实训报告	245
教师评分	245

项目小结	245
项目检测	246

项目七 数控线切割加工技术

任务一：认识数控线切割机床	248
任务引入	248
任务分析	248
知识准备	248
一、电火花线切割加工技术	248
二、电火花线切割机的分类	249
三、电火花线切割机的结构特点	250
四、电火花线切割机的常用功能	254
五、电火花线切割加工的特点及应用	255
任务实施	257
一、线切割机床的结构及操作说明	257
二、线切割加工基本操作	262
任务评价	264
知识拓展	264

任务二：数控电火花线切割机床的	
常用编程方法	265
任务引入	265

任务分析	265
知识准备	265
一、常用的 ISO 代码简介	265
二、3B 代码编程	270
三、编程实例	272
任务实施	274
任务评价	276
知识拓展	277

任务三：数控电火花线切割加工工艺	278
任务引入	278
任务分析	278
知识准备	278
一、电火花线切割加工的工艺指标	278
二、电火花线切割加工的工艺过程	280
任务实施	286
任务评价	287
知识拓展	288

拓展实训：电火花线切割机床

手工编程	289
实训目标	289
实训内容	289
实训报告	289
实训准备	289
教师评分	290
项目小结	290
项目检测	290

参考文献	292
------------	-----

项目一

数控加工技术基础

项目导读

随着科学技术的发展,对机械产品加工的精度、效率、柔性及自动化等提出了越来越高的要求,机械加工设备也由传统的普通机床转变为数控机床。数控机床加工与普通机床加工在方法上和 content 上并没有本质的区别,主要区别在于控制及操作方式。数控机床加工是通过数控系统执行程序来控制机床的运行。

项目要点

- 数控机床的概念及组成
- 数控机床的分类
- 数控机床加工的特点及应用
- 数控面板功能的介绍

任务：学习数控机床的基本操作



任务引入

操作机床开关机，并完成手动回零等操作，该机床数控系统为FANUC 0i-Mate TD型。通过此任务的实施了解数控机床的一些基础知识，包括数控的概念及数控机床的主要组成等。



任务分析

数控机床是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的机床。本任务简要地介绍了数控及数控机床的概念，主要讨论了数控机床的组成及各部分的作用。



知识准备

一、数控机床的概念

1. 数控

数控是20世纪50年代发展起来的一种自动控制技术，是用数字信号对机床的运动及加工过程进行控制的一种方法。在数控技术中引进计算机技术，称为CNC（Computer Numerical Control），CNC具有柔性好、功能强、可靠性高、经济性好以及易于实现机电一体化等特点，使数控技术在质的方面完成了一次飞跃。

2. 数控机床

数控机床是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的机床，或者说是装备了数控系统的机床，是一种技术密集度及自动化程度很高的机电一体化设备，是数控技术与机床相结合的产物。

3. 数控加工

数控加工是指在数控机床上加工零部件的一种工艺方法，数控加工技术除了用于机械加工外，还用于电加工、激光加工、火焰加工、绘印加工及编织加工等工艺。

二、数控机床的组成

数控机床一般由输入/输出设备、数控装置（或称CNC单元）、伺服单元、驱动装置（或称执行机构）、可编程控制器PLC及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成，图1-1是数控机床的组成框图。

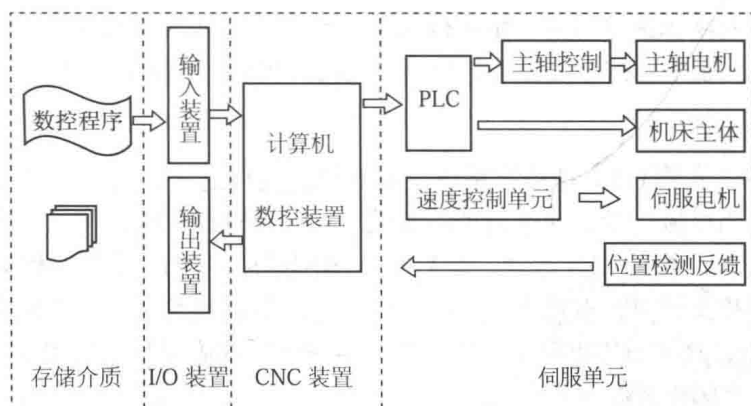


图 1-1 数控机床的组成

1. 输入 / 输出 (I/O) 装置

输入/输出装置是用户CNC系统的接口。存储在信息载体上的加工程序（数控代码）需通过输入装置送给CNC装置，数控机床的典型输入设备有纸带阅读机、软盘驱动器及键盘（MDI方式）等。输入装置的作用是将控制介质（将零件加工信息传送到数控装置去的程序载体，如图1-2所示）上的数控代码传递并存入数控系统内，如键盘、磁盘机等。输出装置的作用是将数控程序、代码或数据进行打印或显示等。

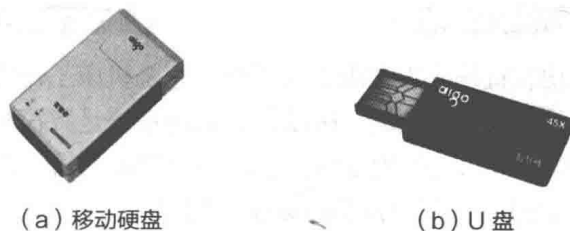


图 1-2 控制介质

除上述输入/输出装置以外，还可以用RS232串行通信接口的方式输入。数控系统一般配有CRT显示器或点阵式液晶显示器，显示的信息较丰富，并能显示图形，操作人员通过显示器获得必要的信息。

2. 数控装置

计算机数控（CNC）装置是数控机床的核心，主要包括微处理器CPU、存储器、局部总线、外围逻辑电路，以及与CNC系统的其他组成部分联系的接口等。计算机数控装置的主要功能是接收输入装置送来的脉冲信号，经过逻辑电路或系统软件进行译码、运算和逻辑处理后，输出各种信息和指令给伺服系统，以控制机床各部分进行规定的动作。

3. 伺服单元

伺服单元是计算机数控装置和机床本体的联系环节，它的主要功能是把来自CNC装置的微弱脉冲指令信息，经过功率放大后，严格按照指令信息的要求驱动机床的运动部件，完成指令规定的运动，加工出合格的零件。通常，伺服单元由进给驱动、主

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07

轴驱动和位置驱动三部分组成。根据接收指令的不同,伺服单元有脉冲式和模拟式之分,而模拟式伺服单元按电源种类又可分为直流伺服单元和交流伺服单元。

■ 4. 驱动装置

驱动装置(见图1-3)是数控系统主要的执行元件之一,其主要功能是把经放大的指令信号变为机械运动,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,常用的位移执行机构有功率步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机(见图1-4)。其中,功率步进电机主要用在开环系统中,直流伺服电机和交流伺服电机主要用在闭环或半闭环系统中。

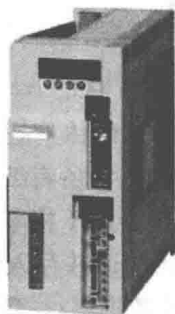


图 1-3 驱动装置



图 1-4 伺服电动机

伺服单元和驱动装置统称为伺服驱动系统,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。从某种意义上说,数控机床功能的强弱主要取决于CNC装置,而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。通常对伺服系统的要求有:

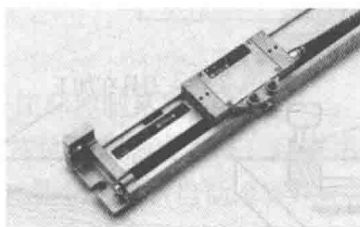
- ① 工作精度要高(包括定位精度和综合精度)。
- ② 调速性能强,主要是指在全负载条件下应具有很宽的调速范围($0.1 \text{ mm/min} \sim 15 \text{ m/min}$)。
- ③ 负载功能强,主要是指在足够宽的调速范围内,能带动工作负载,并且具有一定的负载刚度。
- ④ 响应速度迅速。
- ⑤ 稳定性高。

■ 5. 测量反馈装置

测量反馈装置也称反馈元件,通常安装在机床的工作台或丝杠上,其主要作用是将数控机床各坐标轴的位移指令检测值反馈到机床的数控装置中,供计算机数控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,相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛。按有无检测装置和测量装置的安装位置,计算机数控系统可分为开环数控系统、闭环数控系统和半闭环数控系统。

常用检测元件有速度检测元件和位置检测元件。速度检测(实现速度闭环)元件主要包括采用与电动机轴同轴安装的测速发电机(输出电压与转速成正比)或光电编

码器（通过检测所发脉冲的周期来完成数字化的速度检测）；位置检测（实现位移闭环）包括直接测量和间接测量两种。如果对机床工作台的直线位移采用直线型检测元件（如磁栅、直线光栅、光电编码器、激光测量仪等），如图1-5所示，称为直接测量，主要用在全闭环控制；如果机床工作台的位移是通过回转型检测元件测量伺服电机或滚轴丝杠的回转角间接得到的，称为间接测量，主要用在半闭环控制中。



(a) 直线光栅



(b) 光电编码器

图 1-5 常用检测元件

6. 机床本体

机床的本体主要包括主轴、进给机构等完成切削加工的主运动部件，工作台、刀架等进给运动部件和床身、立柱等支撑部件，还有冷却、润滑、转位、加紧、换刀机械手等辅助装置。

7. 辅助装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的主运动换向、变速、启停，刀具的选择和交换，以及其他辅助装置等指令信息，经过必要的编译、逻辑判断和运算，经功率放大后直接驱动相应的部件以完成指令规定的动作。常用的辅助装置有自动换刀装置、自动工作台交换装置、自动对刀装置、自动排屑装置、液压气动装置等。

三、数控机床的分类

1. 按控制运动的轨迹划分

数控机床的运动轨迹主要有3种：点位控制运动、直线控制运动和连续控制运动。

1) 点位控制运动

如图1-6所示，点位控制运动是指刀具相对工件的点定位，一般对刀具运动轨迹无特殊要求。即只控制从一点到另一点位置的精确定位，而不控制移动轨迹，在移动和定位过程中不进行任何加工。主要有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床和数控电焊机等。

2) 直线控制运动

直线控制运动是指刀具或工作台以给定的速度按直线运动。机床移动部件不仅要实现由一个位置到另一个位置的精确定位，而且要控制工作台以给定的速度，沿平行坐标轴或 45° 方向进行直线切削加工运动。主要有简易数控车床、数控磨床、数控镗铣床（见图1-7）。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07