

典型车削零件 数控编程与加工

DIANXING CHEXIAO LINGJIAN
SHUKONG BIANCHENG YU JIAGONG

◎主编 谢仁华 管嫦娥 ◎主审 宋志良



典型车削零件 数控编程与加工

◎主 编 谢仁华 管嫦娥

◎副主编 胡德平 吕俊峰

戴晓莉 谢达城

◎主 审 宋志良

内 容 简 介

本书是以培养学生的数控车削零件加工技能为核心,以国家职业标准中数控车工的考核要求为基本依据,以典型零件为载体,以工作过程为导向,以工作任务为驱动,详细介绍了各种典型车削零件的加工工艺设计、程序编制和加工操作等内容。

本书共分为5个学习情境,学习情境一为数控车削编程与加工基础,学习情境二为轴类零件的数控编程与加工,学习情境三为孔类零件的数控编程与加工,学习情境四为配合件的数控编程与加工,学习情境五为特殊零件的数控编程与加工。每个学习情境根据教学需要又分若干个任务,每个任务包括任务导入、知识链接、任务实施、知识拓展和习题训练等内容,融零件的数控工艺、编程、加工和检测为一体,任务由简单到复杂,由单一到综合,具有很强的可操作性。

本书可作为高等院校数控技术、机电类专业的教学用书及面向社会有关数控加工操作与编程技术的培训教材,还可作为数控机床加工编程、工艺及操作人员的技术参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

典型车削零件数控编程与加工/谢仁华,管嫦娥主编. —北京:北京理工大学出版社,2014.9

ISBN 978-7-5640-5666-7

I. ①典… II. ①谢… ②管… III. ①机械元件-数控机床-车床-车削-程序设计-高等学校-教材 ②机械元件-数控机床-车床-车削-加工工艺-高等学校-教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第056172号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京富达印务有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/13

字 数/320千字

版 次/2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷

定 价/39.00元

责任编辑/张慧峰

文案编辑/多海鹏

责任校对/周瑞红

责任印制/马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

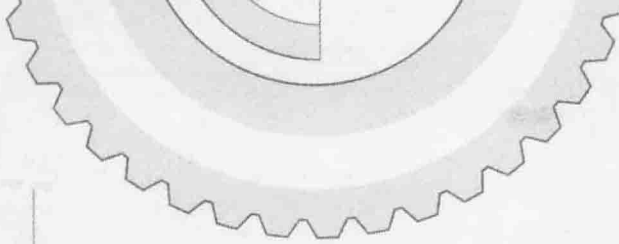
“典型车削零件数控编程与加工”是高等院校数控技术专业一门重要的专业核心课程。本书在编写过程中以工学结合为切入点，以工作过程为导向，打破传统的学科型课程框架，根据企业的工作实际，从分析数控车工岗位的要求和工作内容入手，并依据数控车工国家职业标准，精心编排组织教学内容。

本书共分5个学习情境，包括数控车削编程与加工基础、轴类零件的数控编程与加工、孔类零件的数控编程与加工、配合件的数控编程与加工和特殊零件的数控编程与加工。每个学习情境又分成若干个任务，每个任务都采用任务驱动的编写模式，以企业典型工作任务构建结构，包括任务导入、知识链接、任务实施、知识拓展和习题训练等内容，任务内容由简单到复杂，由易到难。通过11个典型任务的学习，使学生在完整、综合性的学习中进行思考，以达到学会学习、学会工作、培养方法能力和掌握技能的目的。本书内容丰富，实用性强，版式新颖，图文并茂，方便教学。

本书由谢仁华、管嫦娥担任主编，由胡德平、吕俊峰、戴晓莉、谢达城任副主编。全书由宋志良主审。在本书的编写过程中，龙永莲、朱学军提出了很多宝贵意见，并给予了大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有欠妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

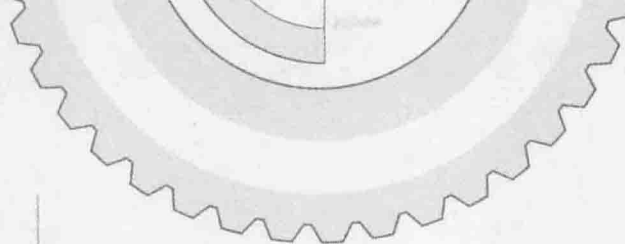


《《《 目 录

学习情境一 数控车削编程与加工基础	1
任务1 数控车削编程与加工基础知识	1
【任务导入】	1
【知识链接】	2
一、数控机床基础知识	2
二、数控编程概述	10
三、程序的结构与格式	12
四、数控车削刀具补偿	16
五、程序编制中的数学处理	18
【任务实施】	21
一、制定简单轴零件加工工作流程	21
二、简单轴零件加工工作条件准备	21
三、简单轴零件工艺分析与程序编写	22
四、简单轴加工	23
五、检查评估	24
【知识拓展】	24
【习题训练】	27
学习情境二 轴类零件的数控编程与加工	28
任务2 台阶轴编程与加工	28
【任务导入】	28
【知识链接】	28
【任务实施】	33
一、制定台阶轴零件加工工作流程	33
二、台阶轴零件加工工作条件准备	34
三、台阶轴零件工艺分析与程序编写	34
四、台阶轴加工	37
五、检查评估	46
【知识拓展】	47
【习题训练】	52

目录 >>>>

任务3 圆弧轴编程与加工	52
【任务导入】	52
【知识链接】	53
一、圆弧插补编程指令	53
二、切削液的选用	54
【任务实施】	55
一、制定带圆弧轴零件加工工作流程	55
二、圆弧轴零件加工工作条件准备	55
三、圆弧轴零件工艺分析与程序编写	55
四、圆弧轴加工	58
五、检查评估	59
【知识拓展】	60
【习题训练】	63
任务4 螺纹轴编程与加工	64
【任务导入】	64
【知识链接】	65
一、外螺纹车削相关知识	65
二、螺纹切削指令	66
【任务实施】	67
一、制定螺纹轴零件加工工作流程	67
二、螺纹轴零件加工工作条件准备	68
三、螺纹轴零件工艺分析与程序编写	68
四、螺纹轴加工	71
五、检查评估	72
【知识拓展】	73
【习题训练】	75
学习情境三 孔类零件的数控编程与加工	77
任务5 齿轮坯的编程与加工	77
【任务导入】	77
【知识链接】	77

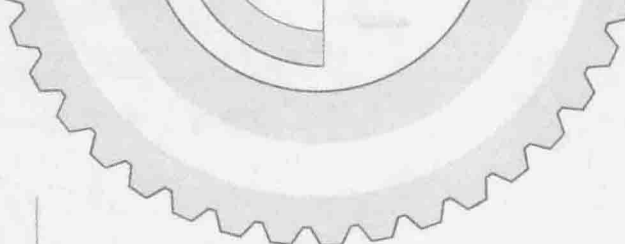


《《《 目 录

一、套（孔）类零件的装夹	77
二、套（孔）类零件的尺寸测量	80
三、端面（锥面）及内孔车削指令	81
【任务实施】	85
一、制定齿轮坯零件加工工作流程	85
二、齿轮坯零件加工工作条件准备	86
三、齿轮坯零件工艺分析与程序编写	86
四、齿轮坯加工	88
五、检查评估	89
【知识拓展】	90
【习题训练】	91
任务6 带轮的编程与加工	91
【任务导入】	91
【知识链接】	92
一、GSK980TD 系统编程指令	92
二、GSK928TA 系统编程指令	95
三、切槽时切削用量的选择	97
【任务实施】	97
一、制定带轮零件加工工作流程	97
二、带轮零件加工工作条件准备	98
三、带轮零件工艺分析与程序编写	98
四、带轮加工	101
五、检查评估	102
【知识拓展】	102
【习题训练】	104
任务7 内螺纹的编程与加工	104
【任务导入】	104
【知识链接】	105
一、内螺纹车刀	105
二、车内螺纹前的有关尺寸计算及要求	106

目录 >>>

【任务实施】	106
一、制定内螺纹零件加工工作流程	106
二、内螺纹零件加工工作条件准备	107
三、内螺纹零件加工工艺分析与程序编写	107
四、内螺纹零件加工	109
五、检查评估	109
【知识拓展】	110
【习题训练】	112
学习情境四 配合件的数控编程与加工	113
任务8 圆锥配合件的编程与加工	113
【任务导入】	113
【知识链接】	113
一、圆柱和圆锥切削循环指令 G90	113
二、常用粗加工循环指令 G71/G73	115
三、精加工循环指令 G70	116
【任务实施】	117
一、制定圆锥配合件零件加工工作流程	117
二、圆锥配合件零件加工工作条件准备	117
三、圆锥配合件工艺分析与程序编写	117
四、圆锥配合件加工	124
五、检查评估	127
【知识拓展】	127
【习题训练】	128
任务9 螺纹配合件的编程与加工	129
【任务导入】	129
【知识链接】	131
【任务实施】	133
一、制定螺纹配合件零件加工工作流程	133
二、螺纹配合件零件加工工作条件准备	134



《《《 目 录

三、螺纹配合件工艺分析与程序编写	134
四、螺纹配合件加工	140
五、检查评估	140
【知识拓展】	142
【习题训练】	143
学习情境五 特殊零件的数控编程与加工	145
任务 10 椭圆轴的编程与加工	145
【任务导入】	145
【知识链接】	145
一、椭圆方程	145
二、宏程序	146
三、凹椭圆宏程序	151
【任务实施】	153
一、制定椭圆轴零件加工工作流程	153
二、椭圆轴零件加工工作条件准备	153
三、椭圆轴零件工艺分析与程序编写	154
四、椭圆轴加工	158
五、检查评估	160
【知识拓展】	161
【习题训练】	164
任务 11 抛物线轴的编程与加工	164
【任务导入】	164
【知识链接】	165
一、A 类型宏程序 (FANUC 系统)	165
二、B 类型宏程序 (FANUC 系统)	166
【任务实施】	167
一、制定抛物线轴零件加工工作流程	167
二、抛物线轴零件加工工作条件准备	168
三、抛物线轴零件工艺分析与程序编写	168
四、抛物线轴加工	173

目录 >>>

五、检查评估	175
【知识拓展】	176
【习题训练】	178
附录	180
附录 I 数控车工国家职业标准	180
附录 II 职业技能鉴定题库统一试卷 (样卷)	191
参考文献	197



学习情境一 数控车削编程与加工基础



任务1 数控车削编程与加工基础知识



任务导入

车削加工是常见的数控加工，本任务旨在通过对如图 1.1 所示简单轴零件数控车削程序的分析与学习，初步掌握数控车床编程与加工的基础知识，为后续任务的数控车削程序编制做准备。

$\sqrt{Ra3.2} (\checkmark)$

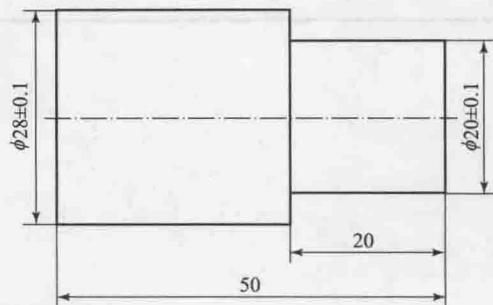


图 1.1 简单轴零件

该工件毛坯为 $\phi 30\text{mm} \times 80\text{mm}$ 棒材, 采用 FANUC Series Oi Mate - D 系统, 程序清单见表 1.1。

表 1.1 简单轴零件数控程序

程序内容	注 释
%	开始符
O0101	程序名
N10 G98 G00 X100 Z100;	取消刀具补偿, 快速移动至换刀点
N20 T0101;	选择 95° 外圆粗车刀, $R=0.4$
N30 M03 S600;	主轴正转, 转速为 600r/min
N40 G41 G00 X32 Z5;	刀尖半径左补偿, 循环起点
N50 G71 U2 R0.5;	单一固定循环, X 方向每次切削深度 2mm , X 方向每次退刀量 0.5mm , 半径值编程
N60 G71 P70 Q100 U0.6 W0.4 F120;	X 方向精加工余量 0.6mm , 半径值编程; Z 方向精加工余量 0.4mm , 粗加工进给速度 120mm/min
N70 G00 X20;	起刀点, 粗精加工循环开始
N80 G01 Z0 F90;	
N90 G01 Z-20 F90;	$\phi 20$ 外圆车削 20mm
N100 X28;	$\phi 28$ 外圆车削
N110 Z-51;	$\phi 28$ 外圆车削 50mm , 粗精加工循环结束
N120 G00 X100 Z100;	快速移动至换刀点
N130 T0202;	换 2 号 95° 外圆精车刀, $R=0.2\text{mm}$
N140 M03 S1000;	主轴正转, 转速为 $1\,000\text{r/min}$
N150 G00 X32 Z2;	精加工循环点
N160 G70 P70 Q100;	从 N70 程序段开始到 N100 程序段结束进行精加工
N170 G40 G00 X100 Z100;	取消刀具补偿, 快速移动至换刀点
N180 M30;	程序结束
%	



知识链接

一、数控机床基础知识

图 1.2 所示为卧式数控车床 CK6140S 的外形结构。它是一种通过数字信息, 控制机床按给定的运动轨迹进行自动加工的机电一体化加工设备, 具有通用性好、加工精度高、生产

效率高等优点。近年来,随着数控车削中心和数控车铣中心的问世,使得在一次装夹中可以完成更多的加工工序,进一步提高了数控设备的生产效率和加工质量。

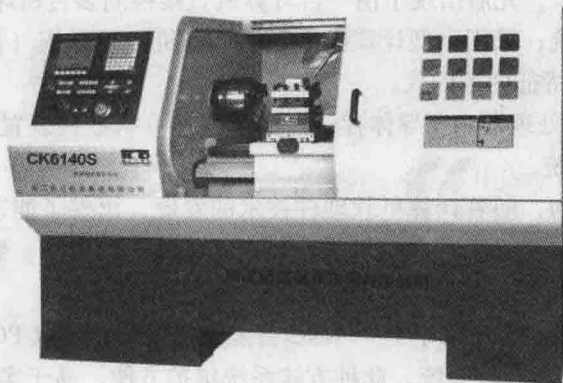


图 1.2 卧式数控车床的外形结构

1. 数控机床概述

数控技术,简称数控(Numerical Control, NC),它是利用数字化的信息对机床运动和加工过程进行控制的一种技术。数控机床(Numerical Control Machine Tools)是利用数字代码形式的信息(程序指令),控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的机床,简称为 NC 机床。

(1) 数控机床的产生

美国 T. Parsons 最先提出数控机床思想。1948 年,美国 Parsons 公司接受美国空军委托,研制直升机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂,精度要求高,一般加工设备难以适应,于是 Parsons 公司提出采用数字脉冲控制机床的设想,开始研究以脉冲方式控制机床各轴运动,进行复杂轮廓加工的装置。

1949 年,Parsons 公司与美国麻省理工学院开始共同研究,并于 1952 年成功研制出了第一台三坐标数控铣床,取名 Numerical Control,数控机床的所谓“第一号机”诞生,它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的技术成果,可用于复杂曲面零件轮廓的加工。从此以后,许多厂家都开展了数控机床的研发和加工。1959 年,美国 Kenaey 和 Treckre 成功开发了具有刀库、刀具的交换装置和回转工作台,可以实现一次装夹,对工件多个面进行钻孔、攻丝、镗削和轮廓铣削等多种加工的数控机床。从此,数控车床的一个新种类——加工中心(Machining Center, MC)诞生,并逐步成为数控车床的主力。

(2) 数控机床的发展

数控机床是在机械制造和控制技术的基础上发展起来的,其发展经历了以下几个阶段。

①1948 年,美国 Parsons 公司接受美国空军委托开始了数控机床的研发工作。1949 年,该公司于美国麻省理工学院(MIT)开始共同研究,并于 1952 年研制成功第一台三坐标数控铣床,这便是采用电子管数控的第一代数控机床。

②1959 年,数控装置采用了晶体管元件和印制电路板,出现了带自动换刀装置的数控机床,称为加工中心,数控装置进入第二代。

③第三代数控装置出现于1965年,其主要特点是采用集成电路,体积小,消耗功率少,可靠性较高,并且价格进一步下降。它的出现促进了数控机床品种和产量的发展。

④20世纪60年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称DNC),又称群控系统;采用小型计算机控制的计算机数控系统(简称CNC),数控装置进入以小型计算机化为特征的第四代。

⑤1974年,使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置(简称MNC)研制成功,成为第五代数控系统。

⑥20世纪80年代初,随着计算机软硬件技术的发展,出现了能进入人机对话式自动编制程序的数控装置,数控装置更趋小型化,可以直接安装在机床上。数控机床的自动化程度进一步提高,具有自动监控刀具磨损和自动检测工件等功能。

⑦20世纪90年代后期,出现了PC+CNC智能数控系统,即以PC机为控制系统的硬件部分,在PC机上安装NC软件系统,此种方式系统维护方便,易于实现网络化制造。

(3) 数控机床的功能

数控车床主要用于轴类或盘类零件的内、外圆柱面,任意角度的内、外圆锥面,复杂回转内、外曲面及圆柱和圆锥螺纹等的切削加工,并能进行切槽、钻孔、扩孔、铰孔及镗孔等,特别适合加工形状复杂的零件。不同数控车床其功能也不尽相同,各有特点,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,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,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

固化了机床常用的一些功能,如粗加工、切螺纹、切槽和钻孔等,使用该功能简化了编程。

4) 恒线速度车削

通过控制主轴转速,保持切削点处的切削速度恒定,可获得一致的加工表面。

5) 刀尖半径自动补偿功能

可对刀具运动轨迹进行半径补偿,具备该功能的机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。

(4) 数控机床的特点

数控机床对零件的加工是严格按照加工程序所规定的参数及动作执行的,它是高效的自动或半自动机床。与普通机床相比,数控机床具有以下突出优点:

1) 适合加工复杂的异型零件

由于数控机床能实现多个坐标的联动,可以完成普通车床难以完成或根本不能加工的复杂零件型面,故其广泛用于宇航、造船和模具等加工业中。

2) 加工精度高、质量稳定

加工尺寸精度在 $0.005 \sim 0.01\text{mm}$ 之间,不受零件复杂程度的影响。由于大部分操作由机器自动完成,因而消除了人为误差,提高了批量零件的一致性,同时精密机床上还采用了位置检测装置,进一步提高了数控加工的精度。

图 1.4 数控车床 CJK6140A 各代码

2. 数控车床的分类

数控机床的种类很多,从不同角度对其进行考查,通常有以下几种不同的分类方法。

(1) 按工艺用途分类

1) 切削加工类

数控镗铣床、数控车床、数控磨床、加工中心、数控齿轮加工机床和 FMC 等。

2) 成形加工类

数控折弯机和数控弯管机等。

3) 特种加工类

数控线切割机、电火花加工机和激光加工机等。

4) 其他类型

数控装配机、数控测量机和机器人等。

(2) 按运动方式分类

1) 点位控制系统

控制单点在空间的位置精度,但不保证点到点的路径精度;在移动过程中,刀具不进行切削加工。适用范围:数控钻床、数控镗床、数控冲床和数控测量机等。

2) 直线控制系统

控制刀具或机床工作台以给定的速度,沿平行于某一坐标轴的方向,由一个位置精确地移动到另一个位置,即同时控制点的位置精度和走直线的精度,并且在转移过程中进行直线切削加工。适用范围:数控车床和数控铣床等。

3) 轮廓控制系统

对两个或两个以上的坐标轴同时进行连续控制,并能对机床移动部件的位移和速度进行严格控制,以控制加工的轨迹,加工出符合要求的轮廓。在运动过程中,同时要向两个坐标轴分配脉冲,使它们能走出所要求的形状来(其运动轨迹是任意斜率的直线、圆弧、螺旋线等)。适用范围:数控车床、数控铣床和加工中心等用于加工曲线和曲面的机床。现代数控机床基本上都装备这种数控系统。

(3) 按控制方式分类

按数控系统的进给伺服系统有无位置测量装置可分为开环数控系统、闭环数控系统,在闭环数控系统中根据位置测量装置安装的位置又可分为全闭环、半闭环和混合环数控系统。

1) 开环数控系统

开环数控系统如图 1.5 所示。

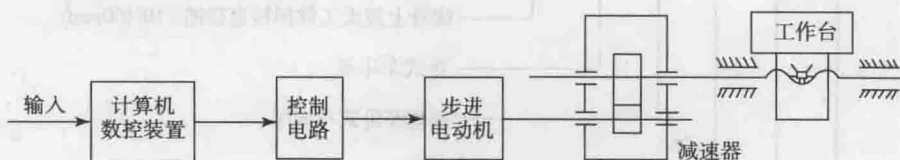


图 1.5 开环数控系统

开环数控系统一般用于经济型数控机床,其没有位置测量装置;信号流是单向的(数控装置→进给系统);系统稳定性好;精度相对闭环系统来讲较低,其精度主要取决于伺服

驱动系统与机械传动机构的性能和精度，一般以功率步进电动机作为伺服驱动元件。

这类系统一般具有结构简单、工作稳定、调试方便、维修简单和价格低廉等优点，在精度和速度要求不高、驱动力不大的场合应用广泛。

2) 闭环数控系统

①半闭环数控系统。半闭环数控系统结构简单，调试方便，精度也较高，因而在现代CNC机床中得到了广泛应用。半闭环环路内部包括或只包括少量机械传动环节，因此可获得稳定的控制性能，其系统的稳定性虽不如开环系统，但比闭环系统要好。半闭环数控系统的位置采样点如图1.6所示，是从驱动装置（采用伺服电动机）或丝杠引出，采样旋转角度进行检测，不是直接检测运动部件的实际位置。但由于丝杠的螺距和齿轮间隙引起的运动误差难以消除，因此，其精度较闭环系统差，但较开环系统好。

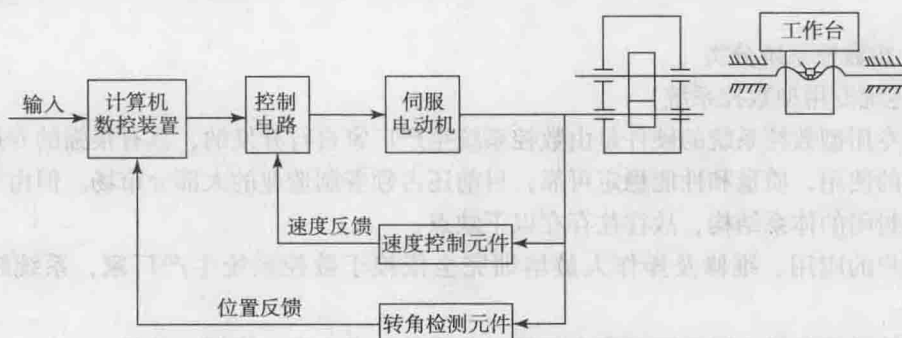


图 1.6 半闭环数控系统

②全闭环数控系统。

全闭环数控系统主要用于精度要求高的镗铣床、超精车床、超精磨床及较大型的数控机床等。

全闭环数控系统的位置采样点如图1.7所示，其是直接对运动部件的实际位置进行检测，从理论上讲，可以消除整个驱动和传动环节的误差、间隙和失动量，且有很高的位置控制精度。

由于位置环内许多机械传动环节的摩擦特性、刚度和间隙都是非线性的，故很容易造成系统的不稳定，使闭环系统的设计、安装和调试都相当困难。

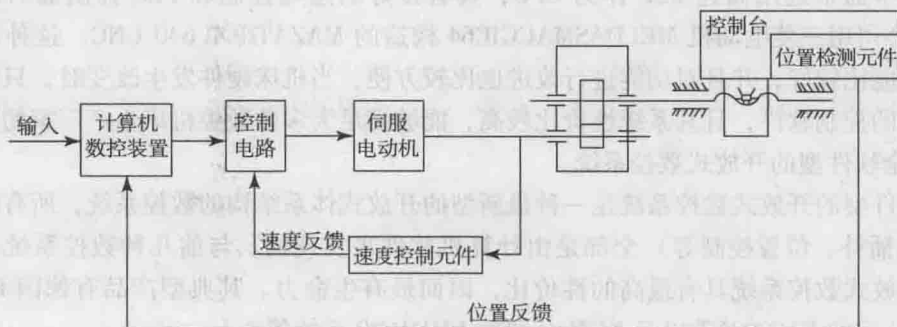


图 1.7 全闭环数控系统