



中等职业学校数控专业教学用书

机械检测技术

主 编 吴 静
主 审 龚丽萍



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

机械检测技术

主 编 吴 静
主 审 龚丽萍

重庆大学出版社

内容简介

本书共分7章:前面6章主要介绍了数控机床上常用的一些传感器,第7章介绍了一种典型的测量机构:三坐标测量仪。各章的内容为:第1章概述;第2章位置检测传感器;第3章温度检测传感器;第4章振动检测传感器及应用;第5章检测系统及构成;第6章其他检测技术;第7章三坐标测量机的原理与应用。每章后均附有思考与练习,以加深学生对知识的理解。

本书可作为中等职业教育机电各专业用书,也可作为机电行业有关人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械检测技术/吴静主编. —重庆:重庆大学出版社,
2008.3

(中等职业教育数控技术应用系列教材)

ISBN 978-7-5624-4188-5

I. 机… II. 吴… III. 机械—检测—专业学校—教材
IV. TH17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 115003 号

JIXIE JIANCE JISHU

机械检测技术

主 编 吴 静

主 审 龚丽萍

责任编辑:周 立 版式设计:周 立

责任校对:任卓惠 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:5.75 字数:144 千

2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4188-5 定价:10.50 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

《机械检测技术》是根据教育部数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案的要求来编写的。

随着机械制造业的不断发展,高科技的检测手段越来越被社会所重视。如何把先进的检测技术引入到机械加工中来,提高产品的质量,已经成为亟待解决的问题。本书是在仔细分析了企业对机械专业人才的知识和技能要求,特别是数控技术的应用对一线操作人员要求之后,有针对性地将机械检测技术的知识引入到机械加工中来,力图形成一本针对数控技术应用专业的专门化的教材。

本书在编写的过程中,充分考虑学生的认知水平,结合生产实际,以实例为载体,以能力培养为主线,重视对学生分析问题、解决问题和综合职业能力的培养。

本书共分7章:前面6章主要介绍了数控机床上常用的一些传感器,第7章介绍了一种典型的测量机构:三坐标测量仪。第1章概述;第2章位置检测传感器;第3章温度检测传感器;第4章振动检测传感器及应用;第5章检测系统及构成;第6章其他检测技术;第7章三坐标测量机的原理与应用。每章后均附有思考与练习,以加深学生对知识的理解。

本书第1章由张林才老师编写,第2,3章由吴静老师编写,第4,5,6章由雷林均老师编写,第7章由康亚老师编写。

本书由龚丽萍老师任主审,主审以严谨的科学态度和高度负责的精神认真审阅书稿,提出了很多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平所限和编写时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008年3月

教师信息反馈表

为了更好地为教师服务,提高教学质量,我社将为您的教学提供电子和网络支持。请您填好以下表格并经系主任签字盖章后寄回,我社将免费向您提供相关的电子教案、网络交流平台或网络化课程资源。

请按此裁下寄回我社或在网上下载此表格填好后 E-mail 发回

书名:		版次	
书号:			
所需要的教学资料:			
您的姓名:			
您所在的校(院)、系:	校(院)		系
您所讲授的课程名称:			
学生人数:	_____人	_____年级	学时: _____
您的联系地址:			
邮政编码:		联系电话	(家)
			(手机)
E-mail:(必填)			
您对本书的建议:		系主任签字	
		盖章	

请寄:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)
重庆大学出版社市场部

邮编:400030

电话:023-65111124

传真:023-65103686

网址:<http://www.cqup.com.cn>

E-mail:fxk@cqup.com.cn

目 录

第1章 概 述	1
1.1 传感器与数控机床	1
1.2 传感器的分类及其特性参数	5
思考题与练习	8
第2章 位置检测传感器	9
2.1 编码器	9
2.2 光栅传感器	13
2.3 磁栅传感器	17
2.4 感应同步器	21
2.5 旋转变压器	25
2.6 霍尔传感器	28
思考题与习题	31
第3章 温度检测传感器	32
3.1 热电阻传感器	32
3.2 热电偶传感器	37
思考题与练习	46
第4章 振动检测传感器及应用	48
4.1 压电式传感器	48
4.2 电容式传感器	52
4.3 电感式传感器	56
思考题与练习	60
第5章 检测系统及构成	62
5.1 检测系统的组成	62

5.2 计算机检测系统	63
思考题与练习	66
第6章 其他检测技术	67
6.1 激光检测	67
6.2 红外检测	69
思考题与练习	72
第7章 三坐标测量机的原理与应用	73
7.1 三坐标测量机的简介	73
7.2 三坐标测量机的原理及其应用	78
思考题与练习	84
参考文献	85

第1章 概述

近年来,随着社会生产和科学技术的迅猛发展,对机械产品的精度和机床的加工效率提出了更高的要求,数控机床得到了越来越广泛的应用。而这种精度的决定与数控机床中的各种传感器的应用是密不可分的。传感器监视和测量着数控机床的每一步工作过程,它在数控机床中占据重要的地位。

1.1 传感器与数控机床

1.1.1 传感器定义及组成

人们为了从外界获取信息,必须借助于感觉器官。而感觉器官把感受到的信息传递给大脑,大脑接收到传递来的信息后进行处理,做出相应的反应。在自动控制系统中,传感器相当于人体的感觉器官,能把检测到的各种几何量、物理量、化学量、生物量和状态量等信息转换为电信号,并传送给控制器进行处理、存储和控制。

传感器检测到的各种信息中,大多数是非电量信号。非电量是指除了电量之外的一些其他参量,如压力、流量、尺寸、位移量、质量、力、速度、加速度、转速、温度、酸碱度等。在使用数控机床进行机械加工时,需要对工件、刀具的位置、位移等机械量进行测量,这些都属于非电量的检测。

非电量不能直接使用一般的电工仪表和电子仪器测量,因为一般的电工仪表和电子仪器要求输入的信号为电信号,只能检测电量。非电量需要转换成与非电量有一定关系的电量再进行测量。实现这种转换技术的期间器件就是传感器。因此,传感器是一种能感受规定的被测量,以一定的精度把被测量转换为与之有确定关系的、便于处理的电量信号(如电压、电流、频率等)输出的测量器件。

传感器一般由敏感元件、传感元件及测量转换电路三部分组成,如图 1.1 所示。

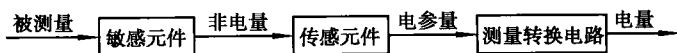


图 1.1 传感器的组成

敏感元件是传感器中直接感受被测量的元件,它将被测量转换成与之有确定关系、更易于处理的非电量,如位移、应变等。传感元件通常不直接感受被测量,而是将敏感元件输出的物理量转换成电路的参数(电参量)。测量转换电路的作用是将传感元件输出的电参量转换成易于处理的电压、电流或频率等。传感器只完成被测量至电量的基本转换,然后输入到测控电路,进行放大、运算、处理等进一步转换,以获得被测值或进行过程控制。

实际上,不是所有的传感器都有敏感、传感元件之分,有些传感器是将两者合二为一。

图 1.2 为电位器式气体压力传感器结构简图。当被测压力变化时,弹簧管自由端产生位移,通过齿条带动齿轮转动,从而使电位器的电刷产生角位移。电位器电阻的变化量反映了被

测压力数值的变化。当电位器的两端加上电源后,电位器电刷上输出与压力成一定关系的电压,只要测量出该电压值,经过换算就可以求出压力的大小。

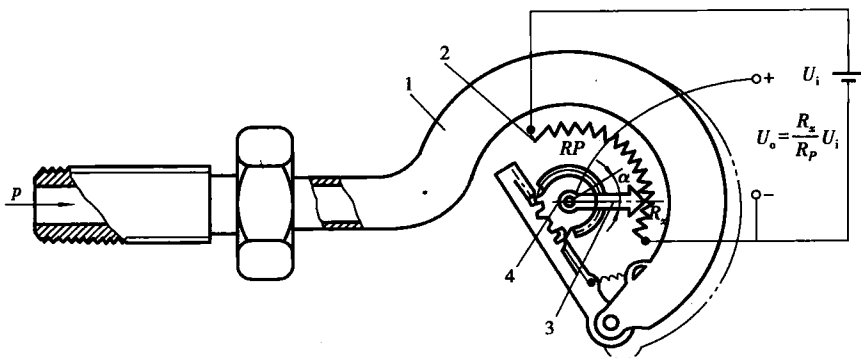


图 1.2 电位器式压力传感器

1—弹簧管;2—电位器;3—电刷;4—齿轮-齿条

在此例中,弹簧管是敏感元件,电位器是传感元件,同时它也是测量转换电路的一部分。可用如图 1.3 来表示此例中传感器的组成及原理。

结合上述工作原理,可将图 1.2 的内容具体化,见图 1.3。

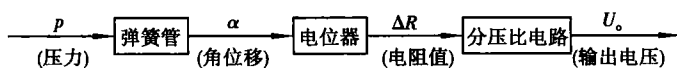


图 1.3 电位器式压力传感器原理框图

1.1.2 数控机床及特点

数控技术是用数字化信号对机床及加工过程进行控制的自动控制技术,数控机床是采用了数控技术的机床或者说装备了数控系统的机床。数控机床是机电一体化的典型产品,它是机、电、液、气和光等多学科的综合性组合,技术范围覆盖了机械制造、计算机、自动控制、伺服驱动、传感器及信息处理等领域。

数控机床一般由数控装置、伺服驱动系统、反馈检测系统、强电控制部分、机床主机及辅助装置组成。数控机床辅助装置主要包括工装卡具、换刀装置、回转工作台、液压系统、润滑系统、排屑装置等。根据加工功能与类型不同,数控机床所包含的辅助装置也不同。

数控机床以其精度高、效率高、能适应小批量多品种复杂零件的加工等优点,在机械加工中得到日益广泛的应用。概括起来,数控机床的加工有以下几方面的优点。

(1) 适应性强。在数控机床上改变加工零件时,只需重新编制程序,输入新的程序后就能实现对新的零件的加工;而不需改变机械部分和控制部分的硬件,且生产过程是自动完成的。适应性强是数控机床最突出的优点,也是数控机床得以生产和迅速发展的主要原因。

(2) 精度高,质量稳定。数控机床工作台的移动当量普遍达到了 $0.01 \sim 0.0001 \text{ mm}$,而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿,高档数控机床采用光栅尺进行工作台移动的闭环控制。此外,数控机床的传动系统与机床结构都具有很高的刚度和热稳定性。通过补偿技术,数控机床可获得比本身精度更高的加工精度。

(3) 零件加工所需的时间短,生产效率高。

(4)能实现复杂的运动。数控机床可实现几乎是任意轨迹的运动和加工任何形状的空间曲面,适应于复杂异形零件的加工。

1.1.3 数控机床中的各种传感器

各种传感器在数控机床有着重要的影响,例如:数控机床的加工精度,可以说主要由检测系统的精度决定。数控机床的各种运动和状态通过传感器测量、监视后输入给数控系统加以控制、补偿或调整,以提高机床的加工精度和稳定度。

(1)位置检测传感器

位置检测传感器,在保证数控机床高精度方面起了重要作用,数控机床很重要的一个指标就是进给运动的位置定位误差和重复定位误差,要提高位置控制精度就必须采用高精度的位置检测装置。在数控机床中广泛应用数字式角编码器、光栅传感器、感应同步器、旋转变压器、磁栅等来实现位置检测。

(2)数控转塔刀架中的传感器

数控机床的回转刀台常用接近开关、霍尔开关、绝对编码器等传感器来作检测刀号到位信号。当数控系统发出刀位指令控制刀架回转时,刀架在回转过程中,每转过一个刀位,就发出一个信号,该信号与数控系统的刀位指令要求一致时,表示选刀完成。图 1.4 为某全功能数控刀架组成简图。

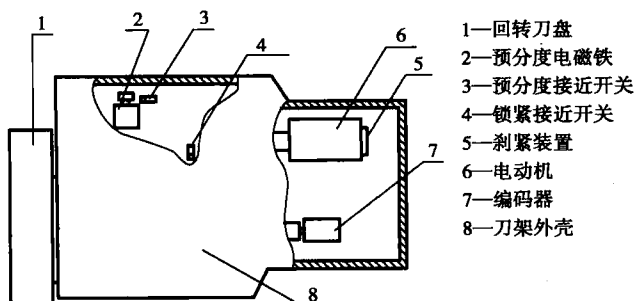


图 1.4 某全功能数控刀架组成简图

刀架回转由刀架电机通过传动机构来实现,刀架回转时,与刀架同轴的二进制绝对编码器也一起转动。此编码器是四位二进制绝对编码器,每一个编码对应一个刀位,最多可有 16 个刀位,例如:0011 对应 3 号刀位,1100 对应 12 号刀位。编码器还有两根信号线:选通信号、奇偶校验信号。当主轴转到预选位置时,编码器发出信号,电磁铁将插销压入主轴,主轴停止转动,预分度接近开关给电机发出开始反转信号。电机开始反转,刀台锁紧,锁紧到位后,由锁紧接近开关发出信号,切断电机电源。转位结束,主机可以开始工作。图 1.5 所示为选刀的控制流程图。

接近开关除了在刀架选刀控制外,还在数控机床中用作工作台、油缸及汽缸活塞的行程控制。

(3)温度的检测

在数控机床上,常用温度传感器来检测温度从而进行温度补偿或过热保护。

在加工过程中,电动机的旋转、移动部件的移动、切削等都会产生热量,这些热量在数控机

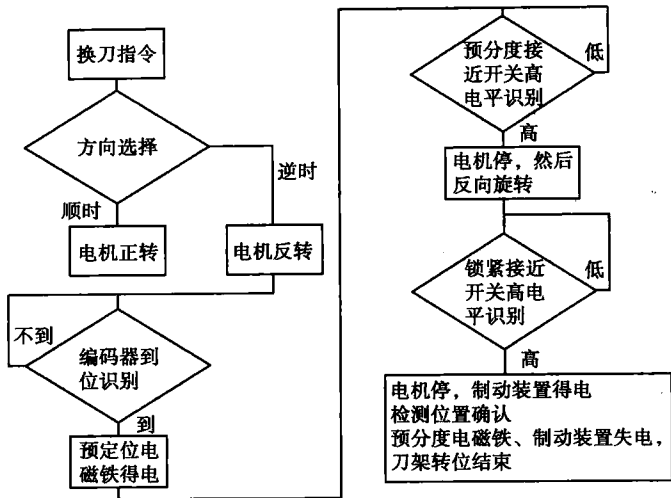


图 1.5 选刀的控制流程图

床全身进行传导,从而造成温度分布不均匀,形成温差,使数控机床产生热变形,影响到零件加工精度。为了避免温度产生的影响,可在数控机床某些部位上如高精度的导轨等,装设温度传感器,当它感受温度信号后就转换成电信号并送给数控系统进行温度补偿。

此外,在数控机床中,需要过热保护的部位有几十处,主要是监测一些轴温、压力油温、润滑油温、冷却空气温度、各个电动机绕组温度、变压器绕组温度等。例如,在主轴和进给电动机中就埋设有热敏电阻,当电动机过载、过热时,温度传感器就会发出信号,通过数控系统进行过热报警信号。

(4) 压力的检测

压力传感器是一种将压力转变成电信号的传感器。常用的有压电式传感器、压阻式传感器和电容式传感器。在数控机床加工前,自动将毛坯送到主轴卡盘中并夹紧,可用压力传感器对工件夹紧力进行检测,当夹紧力小于设定值时,会导致工件松动,系统发出报警,停止走刀。有些产品加工时需要用尾座顶紧,当顶紧力小于设定值时,系统也会发出报警信号,停止走刀。另外,还可用压力传感器检测车刀切削力的变化。再者,它还在润滑系统、液压系统、气压系统中被用来检测油路或气路中的压力,当油路或气路中的压力低于设定值时,其触点会动作,将故障信号送给数控系统。

(5) 刀具磨损监控

刀具在切削工件的过程中,由于摩擦和热效应等作用,刀具会产生磨损。刀具磨损到一定程度会影响到工件的尺寸精度和表面粗糙度,因此,对刀具磨损要进行监控。当刀具磨损时,机床主轴电动机负荷增大,电动机的电流和电压也会变化,功率随之改变,功率变化可通过霍尔传感器检测。功率变化到一定程度,数控系统发出报警信号,机车停止运转,此时,应及时进行刀具调整或更换。

(6) 数控装置中的其他传感器

数控装置中还有很多的传感器的应用,如:光纤、光电耦合器、电涡流接近开关、流量传感器等。光纤具有抗电磁干扰能力强、重量轻、速度快等特点,常用于控制单元与主轴驱动单元、伺服单元等通信连接。光电耦合器多用于数控系统信号与机床侧的信号联系。这样两者在电

气上是完全隔离的,可以提高整个系统的抗干扰能力。如下图 1.6 为应用之一。

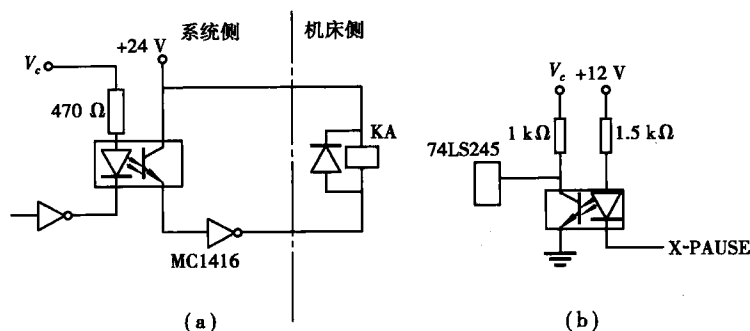


图 1.6 光电耦合器用于信号的输入输出举例

(a) 系统信号的输出 (b) 外部信号的输入

此外,在润滑、液压、气动等系统中,均安装有压力传感器、液位传感器、流量传感器,对这些辅助系统随时进行监控,保证数控机床的正常运行。

以上介绍的传感器在数控机床上的应用是目前状况,但随着传感器和数控机床的发展,有些传感器将被淘汰,如旋转变压器等,而新的传感器将不断出现,会使数控机床更加完善,自适应更强。

1.2 传感器的分类及其特性参数

1.2.1 传感器的分类

传感器有许多分类方法,最常用的分类方法有两种:一种是按被测物理量来分;另一种是按传感器的工作原理来分。

(1) 按被测物理量划分的传感器

可分为位移、力、力矩、转速、振动、加速度、温度、压力、流量、流速等传感器。常见的有温度传感器、压力传感器、位移传感器、流量传感器、加速度传感器等。

(2) 按工作原理划分的传感器

可分为电阻、电容、电感、光栅、压电、热电耦、超声波、红外、光导纤维、激光等传感器。

1) 电阻式传感器 电阻式传感器是根据利用电阻器将被测非电量转换为电信号的原理制成的。电阻式传感器一般又分为电位器式、触点变阻式、电阻应变片式及压阻式等。主要应用于应力、加速度、荷重、温度、气流速度等的测量。

2) 电容式传感器 电容式传感器是根据改变磁路的几何尺寸或改变介质的性质,从而使电容量发生变化的原理制成的。电容式传感器主要用于荷重、位移、液位、厚度、水分含量等参数的测量。

3) 电感式传感器 电感式传感器是根据改变磁路的几何尺寸或改变电感或互感系数的电磁效应的原理制成的。电感式传感器主要用于位移、压力、力、振动、加速度等参数的测量。电涡流式传感器是根据金属在磁场中做切割磁力线运动,从而在金属内形成涡流的原理制成的,它主要用于位移及厚度等参数的测量。

4) 压电式传感器 压电式传感器是根据压电效应原理制成的,主要用于脉动力、振动和加速度的测量。

5) 热电偶传感器 热电偶传感器是根据热电效应原理制成的,它主要用于温度测量。

6) 光栅传感器 光栅传感器是根据莫尔条纹原理制成的一种脉冲输出数字式传感器,它广泛应用于数控机床中,能够形成闭环控制系统,测量精度可达微米级。

7) 超声波传感器 超声波传感器是利用了超声波的特点与超声波换能器一起构成。广泛用于金属探伤、测厚、测液位等。

8) 光纤传感器 光纤传感器是利用光导纤维技术发展的新型传感器。广泛应用于热工参数、电工参数的测量、图像扫描和图像信息传输。

1.2.2 传感器基本特性

在科学试验和生产过程中,我们需要对各种各样的参数进行实时的检测和控制。这就要求传感器能感受被测非电量并将其转换成与被测量有一定函数关系的电量。传感器所测量的非电量处在不断的变动之中,传感器能否将这些非电量的变化不失真地变换成相应的电量,取决于传感器的输入-输出特性。

传感器的这一基本特性可以用它的静态特性和动态特性来描述。当输入信号不随时间变化时,输入与输出的关系称为传感器的静态特性;当输入信号随时间而变化时,输入与输出的关系称为传感器的动态特性。这里仅指介绍传感器的静态特性。

传感器静态特性的主要技术指标有:灵敏度、线性度、迟滞、重复性等,下面分别加以介绍。

传感器的静态特性是指传感器转换的被测量数值处在稳定状态时,传感器的输出与输入的关系。

(1) 灵敏度

传感器的灵敏度是指传感器在稳态下,输出变化量与输入变化量的比值,用 K 来表示,如下所示:

$$K = \frac{dy}{dx} \approx \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

式中 x ——输入量;

y ——输出量。

对线性传感器而言,灵敏度是一个常数;对非线性传感器而言,灵敏度随输入量的变化而变化。从输出曲线看,曲线越陡,灵敏度越高,如图 1.7 所示。通过作该曲线切线的方法求得曲线上任一点处的灵敏度。

(2) 线性度

传感器的线性度又称非线性误差,是指传感器实际特性曲线与拟合直线之间的最大偏差与传感器满量程输出的满度值之比。

$$\gamma_L = \frac{\Delta L_{\max}}{y_{\max} - y_{\min}} \times 100\%$$

式中 γ_L ——线性度;

$\Delta L_{\max}$ ——传感器实际特性曲线与拟合直线之间的最大偏差;

$y_{\max} - y_{\min}$ ——传感器的输出范围。

通常总是希望输出-输入特性曲线成为直线,即我们所说的呈线性。但实际上理想线性关系的传感器较少,实际应用中传感器的输出-输入特性曲线只能接近直线,实际曲线与理论直线之间存在的偏差 $\Delta L_{\max}$ 就是传感器的非线性误差,如图 1.8 所示。

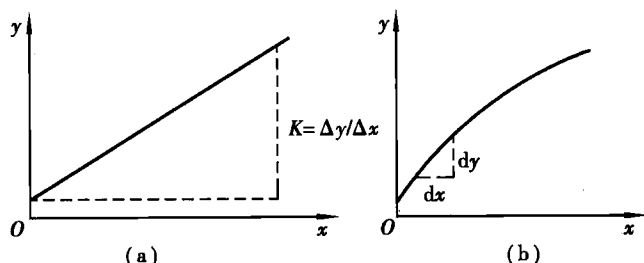


图 1.7 灵敏度示意图

(a) 线性测量系统 (b) 非线性测量系统

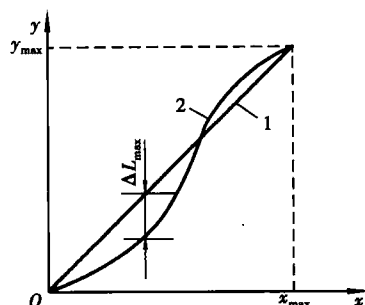


图 1.8 线性度示意图

1—拟合直线 $y = ax$; 2—实际特性曲线

(3) 分辨力

分辨力时指传感器能够检测出的被测信号的最小变化量,即当传感器的输入从非零的任意值缓慢增加,只有超过某一输入增量后输出才有变化,这个输入增量称为传感器的分辨力。分辨力说明了传感器最小可测出的输入变量。

(4) 迟滞

迟滞现象是传感器在正向行程(输入量增大)和反向行程(输入量减小)期间,输出-输入特性曲线不一致的程度,如图 1.9 所示。

产生迟滞现象的主要原因是传感器的机械结构和制造工艺上的缺陷,如轴承摩擦、间隙、螺钉松动和元件腐蚀等。在实际应用中,迟滞现象会引起测量误差,因此,要尽量选用迟滞现象小的传感器。

(5) 重复性

重复性是指在同一工作条件下,输入量按同一方向在全量程范围内多次测试时,所得特性曲线不一致的程度。重复性所反映的是测量结果偶然误差的大小,而不是表示与真值之间的差别,有时重复性虽然很好,但可能远离真值。重复性示意图如图 1.10 所示。

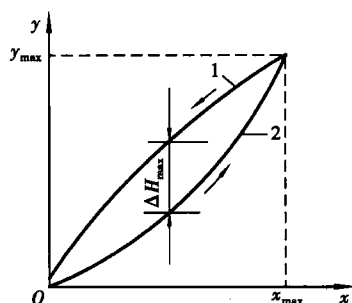


图 1.9 迟滞特性曲线

1—反向特性; 2—正向特性

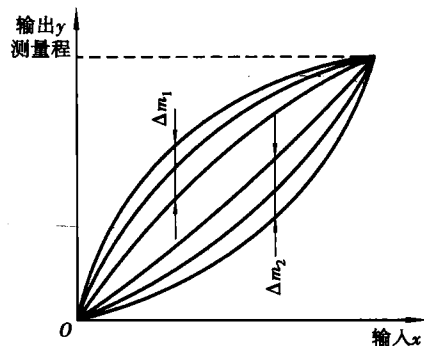
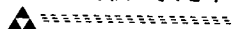


图 1.10 重复性示意图



传感器输出特性的不重复性主要由传感器机械部分的磨损、间隙、松动,部件内摩擦、积尘,电路元件老化、工作点漂移等原因产生。

周围环境中,对传感器影响最大的是温度。目前,很多传感器材料采用灵敏度高、信号易处理的半导体,但是,半导体材料对温度很敏感,因此,在实际应用时应特别注意。另外,大气压、湿度、振动、电源电压及频率都会影响传感器的特性。

思考题与练习

1. 什么是传感器? 传感器是由哪些部分组成?
2. 传感器在数控机床中主要有哪些应用?
3. 传感器的主要静态性能有哪些?

第2章 位置检测传感器

位置检测传感器是数控机床进给伺服系统中的重要组成部分,主要由检测元件(传感器)和测量电路组成。其作用是检测并发送机床运动部件位置和速度信号,协助机床实现伺服系统闭环或半闭环控制,有效地提高数控机床的性能。其精度对数控机床的定位精度和加工精度均有很大的影响。

位置检测装置按其测量对象、工作原理和结构特点有着不同的分类方法,其常用类型见表2.1。

表 2.1

类 型	数字式		模拟式	
	增量式	绝对式	增量式	绝对式
回转型	光电盘、圆光栅	编码盘	旋转变压器、圆磁尺、圆感应同步器	多极旋转变压器、三速圆感应同步器
直线型	光栅、激光干涉仪	编码尺、多通道透射光栅	感应同步器、磁尺、霍尔传感器	三速感应同步器、绝对式磁尺

本章将从结构、原理、应用等方面介绍几种数控机床中常用的位置检测传感器。

2.1 编 码 器

编码器又称编码盘或码盘,能把机械转角转换成电脉冲,是数控机床上使用广泛的位置检测装置。编码器分为光电式、接触式和电磁感应式三种,从精度和可靠性方面来看,光电式编码器优于其他两种。因此在数控机床上得到广泛的应用。

2.1.1 光电式编码器的结构与分类

光电式编码器是一种旋转式位置传感器,它的转轴通常与被测轴连接,随被测轴一齐转动,它能将被测轴的角位移转换成一串脉冲或二进制编码,其结构简图如图2.1所示。

光电码盘与转轴连在一起。码盘可用玻璃材料制成,表面镀上一层不透光的金属铬,然后在边缘制成向心透光狭缝。透光狭缝在码盘圆周上等分,数量从几百条到几千条不等。这样,整个码盘圆周上就等分成 n 个透光的槽。除此之外,码盘也可用不锈钢薄板制成,然后在圆周边缘切割出均匀分布的透光槽,或在一定半径的圆周上钻出一定数量的孔,使圆盘形成相等数量的透明或不透明区域。

光电式编码器有两种基本类型:绝对式编码器和增量式编码器。

2.1.2 绝对式光电编码器

绝对式编码器是按照角度直接进行编码的传感器,可直接把被测转角用数字代码表示出

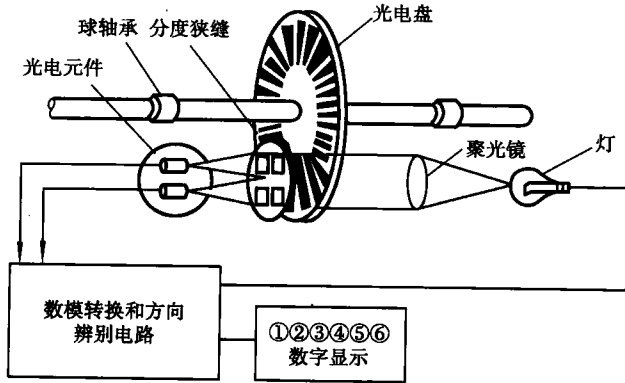


图 2.1 光电式编码器的结构示意图

来,其精度随码道数的增加而提高。

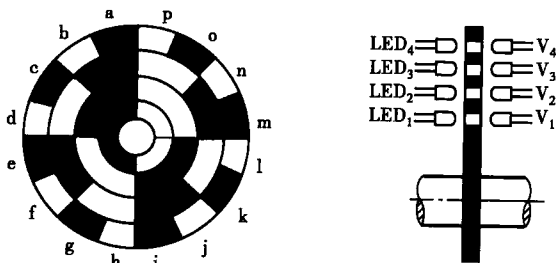


图 2.2 绝对式光电码盘

图 2.2 所示为一个 4 位二进制光电式编码器。其中的黑白区域表示透光或不透光区。黑的区域为不透光区,用“0”表示;白的区域为透光区,用“1”表示。码盘分成四个码道,每一码道上都有一组光电元件。这样,无论码盘处在哪个角度上,该角度均有 4 个码道上的“1”和“0”组成 4 位二进制码与之相对应。

由于码盘是与被测转轴连在一起的,而光电元件的位置是固定的,当码盘随被测轴一起转动时,光电元件和码盘的位置就发生相对变化。由于径向各码道的透光和不透光,使各光敏元件中,受光的输出“1”电平,不受光的输出“0”电平,由此而组成 4 位二进制编码。例如,位置 a 对应的输出编码为 0000(全黑);位置 k 对应的输出编码为 1010(白黑白黑)。当码盘处于不同角度时,光电元件的输出就对应不同的数码,只要根据码盘的起始和终止位置就可以确定转角,与转动的中间过程无关。

从以上分析可知,码道的圈数就是二进制的位数,且高位在内,低位在外。由此可以推断出,若是 n 位二进制码盘,就有 n 圈码道,且圆周均分 2^n 个数据来分别表示其不同位置,所能分辨的角度 α 为

$$\alpha = 360^\circ / 2^n$$

$$\text{分辨率} = 1/2^n$$

显然,位数 n 越大,所能分辨的角度 α 就越小,测量精度就越高。所以,若要提高分辨力,就必须增加码道数,即二进制位数。例如,某 12 码道的绝对式角编码器,其每圈的位置数为 $2^{12} = 4096$,分辨角度为 $\alpha = 360^\circ / 2^{12} = 5.27'$;若为 13 码道,则每转位置数为 $2^{13} = 8192$,分辨角度为 $\alpha = 360^\circ / 2^{13} = 2.67'$ 。

二进制码盘很简单,但在实际应用中有一个需要注意的问题是信号检测元件不同步或者码道制作的不精确引起错码。例如当读数狭缝处于 h 位置时,正确读数为 0111。若最内圈码道黑区做得太短,就会误读为 1111。反之,若该码道的黑区太长,当狭缝处于 i 时,就会将 1000 读为 0000,在这两种情况下都将产生粗误差(非单值性误差)。为了消除这种非单值性