



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校数控技术应用专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

传感器应用 技能训练

北京市职教成教教材建设领导小组办公室 组编

蔡夕忠 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

**教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校数控技术应用专业教学用书**

技能型紧缺人才培养培训系列教材

传感器应用技能训练

北京市职教成教教材建设领导小组办公室 组编

蔡夕忠 主编

倪福卿 赵承荻 主审

高等教育出版社

内容简介

本书是教育部推荐的数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一,是根据教育部办公厅、国防科工委办公厅、中国机械工业联合会颁发的《中等职业学校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》中核心教学与训练项目的基本要求,并参照相关的国家职业标准和行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的。

本书共分7个项目,主要讲授传感器的基本原理、具体应用与基本操作,具体内容有:传感器的基本知识和性能指标计算训练以及温度检测传感器(热电偶、热电阻、热敏电阻)、力检测传感器(电阻应变片、压电、电感式)、液位检测传感器(电容式、超声波式)、位置检测传感器(各种接近开关、光电开关)、线位移检测传感器(电阻式、感应同步器、磁栅、光栅、容栅)和角位移检测传感器(编码器、旋转变压器)的基本原理和应用训练。

本书可作为中等职业学校数控技术应用专业及相关专业的教学用书,也可作为有关行业的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

传感器应用技能训练 / 蔡夕忠主编;北京市职教成教教材建设领导小组办公室组编. —北京:高等教育出版社, 2006.7

ISBN 7-04-018887-2

I. 传... II. ①蔡... ②北... III. 传感器—专业学校—教学参考资料 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 059462 号

策划编辑	张春英	责任编辑	曲文利	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	王艳红	责任校对	王效珍	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 北京宝旺印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 12.25
字 数 290 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006年7月第1版
印 次 2006年7月第1次印刷
定 价 16.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18887-00

北京市中等职业学校数控应用技术专业 系列教材编写委员会

主 任:吴晓川

副 主 任:荣燕宁 姜丽萍

委 员:(按姓氏拼音排序)

陈 薇	高玉培	关 亮	姜春梅	李树魁	刘鹏飞	柳燕君
马千里	牛荣华	潘茂椿	苏永昌	么居标	叶 克	禹治斌
袁 晓	张 蓉					

出版说明

2003年12月教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合印发了《教育部等六部门关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》。为了配合该项工程的实施,高等教育出版社开发编写了数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材。该系列教材已纳入教育部职业教育与成人教育司发布实施的《2004—2007年职业教育教材开发编写计划》,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定,作为教育部推荐教材出版。

高等教育出版社出版的教育部推荐数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材(以下简称推荐系列教材),是根据教育部办公厅、国防科工委办公厅、中国机械工业联合会最新颁布的《中等职业学校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》编写的。推荐系列教材力图体现:以培养综合素质为基础,以能力为本位,把提高学生的职业能力放在突出的位置,加强实践性教学环节,使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者;职业教育以企业需求为基本依据,办成以就业为导向的教育,既增强针对性,又兼顾适应性;课程设置和教学内容适应企业技术发展,突出数控技术应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法,具有一定的先进性和前瞻性;教学组织以学生为主体,提供选择和创新的空間,构建开放的课程体系,适应学生个性化发展的需要。推荐系列教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新尝试。主要特色有:

1. 以就业为导向,定位准确,全程设计,整体优化。
2. 借鉴国内外职业教育先进教学模式,突出项目教学,顺应现代职业教育教学制度的改革趋势,适应学分制。
3. 理论基础知识教材,以职业技能所依托的理论知识为主线,综合了多门传统的专业基础课程的理论知识。知识点以必需、够用为度。
4. 理论实践一体化教材,缩短了理论与实践教学之间的距离,内在联系有效,衔接与呼应合理,强化了知识性和实践性的统一。
5. 操作训练和实训指导教材,参照国家职业资格认证标准,成系列按课题展开,考评标准具体明确,直观、实用,可操作性强。

推荐系列教材既注重了内在的相互衔接,又强化了相互支持,并将根据教学需求不断完善和提高。

查阅推荐系列教材的相关信息,请登录高等教育出版社“中等职业教育教学资源网”(网址:<http://sv.hep.com.cn>)

高等教育出版社
2004年12月

编写说明

北京市职教成教教材建设领导小组办公室为落实教育部职业教育与成人教育司制定的《2004—2007年职业教育教材开发编写计划》,本着以就业为导向、以能力为本位、以学生为主体的职业教育理念,在开展“北京市中等职业学校专业课教材开发、评价的理论与实践研究”课题研究的基础上,先后组织、开发编写了中等职业学校数控技术应用专业12门课程的系列实训教材,即《钳工技能训练》、《PLC编程技能训练》、《电加工技能训练》、《数控车床操作与编程技能训练》、《数控铣床和加工中心操作与编程技能训练》、《CAD/CAM建模与操作技能训练》、《车工技能训练》、《铣工技能训练》、《电工技能训练》、《电子技能训练》、《传感器应用技能训练》和《气压与液压传动控制技能训练》。

本系列教材在整体内容组织和编排体例都做了较大的改革和尝试,具体特点如下:

(1)突破学科体系,注重能力培养。打破传统的课程学科体系,以专业实训项目贯穿教材,贯彻“实用为主、够用为度”的教学原则,简化理论讲解及公式推导,通过真实的实训项目加深学生对知识的理解和掌握。

(2)采用项目教学,强调边学边练。教材编写采用篇—项目—单元—任务四级编目,其中篇是可选的;体现项目任务教学法,以任务作为基本教学单位设置教学目标、教学内容、训练方法、考核等。课程内容先易后难地以各种典型机械零件的数控加工为主线,设置若干教学训练任务。采用任务驱动教学方法,明确每个教学训练任务和目标、教学训练内容、教学训练手段和方法以及教学训练任务考核,使每个教学训练任务成为相对完整的教学过程单位,激发学生的学习积极性。

(3)聘请企业参与,重视实践和实训教学环节。聘请有先讲数控加工技术经验或典型数控加工技术企业中的技术人员参与教材编写。优选企业生产实际中加工的工件和技术人员在生产现场使用的加工工艺路线作为教学内容,使教学融入企业工程环境,并在教材中体现利用学校数控设备进行训练教学和利用企业生产装备进行见习或生产实训。

(4)加强就业导向,融入职业标准。坚持以就业为导向,以能力为本位,面向市场,面向企业,为就业和再就业服务。按照国家或部委颁布的专业教学指导方案、课程教学基本要求,依据职业岗位资格标准并参照企业生产实际岗位要求,编写各课程内容。

(5)文字简洁,图文并茂。编写风格力求图文并茂,以图示为主,文字叙述简洁,通俗易懂。

本系列教材由姜丽萍、苏永昌策划,《钳工技能训练》、《PLC编程技能训练》、《电加工技能训练》、《数控车床操作与编程技能训练》、《数控铣床和加工中心操作与编程技能训练》和《CAD/CAM建模与操作技能训练》由苏永昌组织并主持编写,《车工技能训练》、《铣工技能训练》、《电工技能训练》、《电子技能训练》、《传感器应用技能训练》和《气压与液压传动控制技能训练》由禹治斌组织并主持编写。在编写过程中得到了北京市机械工业学校、北京市汽车工业学校、北京市二轻工业学校、北京市建筑材料工业学校、北京市仪器仪表工业学校、北京市化工学校、北京市

八一农业机械化学校、北京市自动化工程学校等单位领导和老师的大力支持和帮助,在此一并致谢。

限于各方面的原因,教材中难免有疏漏、错误之处,欢迎全国各职业学校(院)的专家及广大教师提出宝贵意见,以便今后进一步修正与改进。

北京市职教成教教材建设领导小组办公室

2006年3月

前 言

本书是教育部推荐的数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一,是根据教育部 2003 年 12 月颁发的《中等职业学校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》中核心教学与训练项目的基本要求,并参照相关的国家职业标准和行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的。

本教材的主要特点如下:

(1) 以学生为本。着重培养学生的动手能力,以讲、练结合的方式,使学生在实践中逐步加深对理论的认识。对于不同专业、不同水平的学生,选择不同项目,力求能够达到因材施教、分层教学的目的。

(2) 以掌握技能为主,理论知识的理解为辅。打破传统教材的编写方式,以项目、单元和任务的模式组织教材的编写。全书以认识传感器和应用传感器为主线,内容上由易到难,力求适合不同水平学生的要求,使他们循序渐进地理解相关技能和知识,最终掌握一定的技能。

(3) 以就业为导向。本教材在内容上与劳动和社会保障部颁布的相关技能鉴定规范相衔接,而且在传授知识的同时,引入安全意识,对学生毕业后顺利走上工作岗位具有一定的操作指导意义。

(4) 训练以 CSY2000 系统和数控机床上实际传感器的选择、安装及维护为主要训练内容。

教育部颁发的人才培养培训指导方案规定本教材的参考教学学时数为 30 学时,使用时可以根据需要选用其中几个项目或在每个项目中选择几个单元。项目学时分配见下表:

项目	学时数	项目	学时数
项目一	4	项目五	10
项目二	6	项目六	16
项目三	8	项目七	8
项目四	6		

本书由北京市化工学校蔡夕忠主编,北京仪器仪表工业学校于彤、北京农业职业学院清河分院林以敏为副主编。具体编写分工如下:北京二轻工业学校李欣编写项目一,北京建材工业学校陶丙彦编写项目五,北京机械工业学校张胜利编写项目七,于彤编写项目四,林以敏编写项目六,蔡夕忠编写项目二、三,并完成全书的统稿。在本书的编写过程中,北京金州工程有限公司袁群芳和北京市化工学校刘茜提供了大量的资料,本书在编写过程中还参考了一些自动检测方面的书籍。

教育部聘请北京理工大学倪福卿和湖南铁道职业技术学院赵承荻审阅了本书,他们提出了很多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平所限,书中错漏之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,以便修改。

编 者

2006 年 1 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

项目一 认识传感器	1	项目五 位置检测	77
任务一 认识传感器	1	单元一 基本认识开关类传感器	78
任务二 认识传感器的基本性能及数据处理训练	5	任务一 认识开关类传感器	78
项目二 温度检测	11	任务二 接近开关接线训练	83
单元一 热电偶温度检测	13	单元二 磁性物体位置检测	86
任务一 认识热电偶	13	任务一 认识霍尔开关	86
任务二 热电偶温度检测训练	17	任务二 认识干簧管接近开关	89
单元二 金属热电阻测温	20	任务三 磁性物体位置检测训练	91
任务一 认识热电阻	21	单元三 金属物体近距离位置检测	95
任务二 热电阻温度检测训练	23	任务一 认识电感式接近开关	95
单元三 热敏电阻	25	任务二 电感式接近开关应用训练	97
任务一 认识热敏电阻	25	单元四 其他物体位置检测	99
任务二 热敏电阻应用训练	26	任务一 认识光电接近开关	99
项目三 力检测	28	任务二 认识电容式接近开关	104
单元一 电阻应变片测力	30	任务三 光电和电容式接近开关应用训练	106
任务一 认识电阻应变片传感器	30	项目六 线位移检测	110
任务二 电阻应变片应用训练——制作电子秤	36	单元一 电阻线位移传感器测线位移	112
单元二 压电传感器测动态力	40	任务一 认识电阻线位移传感器	112
任务一 认识压电传感器	41	任务二 电阻线位移传感器应用训练	114
任务二 压电传感器测振动训练	44	单元二 感应同步器测位移	120
单元三 电感传感器测压力	46	任务一 认识感应同步器	121
任务一 认识电感传感器	47	任务二 感应同步器应用训练——感应同步器的安装、接长和维护	123
任务二 分析压力检测	50	单元三 光栅位移传感器测位移	127
任务三 电感式压力变送器测压力训练	52	任务一 认识光栅位移传感器	128
任务四 电涡流式传感器训练	56	任务二 光栅位移传感器应用训练	131
项目四 液位检测	59	单元四 磁栅位移传感器测位移	135
单元一 电容传感器及其液位检测	60	任务一 认识磁栅位移传感器	135
任务一 认识电容传感器	61	任务二 磁栅位移传感器应用训练	138
任务二 电容传感器应用训练	66	单元五 容栅位移传感器测位移	145
单元二 超声波传感器及其液位检测	69	任务一 认识容栅位移传感器	145
任务一 认识超声波传感器及其特性	69	任务二 容栅位移传感器应用训练	147
任务二 超声波传感器应用训练	74	项目七 角位移检测	153

单元一 旋转角编码器测角度	154
任务一 认识接触式编码器	155
任务二 认识光学编码器	157
任务三 认识磁性编码器	160
任务四 认识增量编码器	162
任务五 编码器测量角度训练——与 PLC	
配合检测主电动机转速	165
单元二 旋转变压器测角度	169
任务一 认识旋转变压器式传感器	170
任务二 旋转变压器测量角度训练——测量	

机械转轴角位移	173
附录一 镍铬 - 镍硅(镍铝) K 型热电	
偶分度表(自由端为 0 °C)	
.....	175
附录二 热电阻分度表	177
附录三 SGC 系列光栅线位移传感	
器的主要性能指标	179
参考文献	181

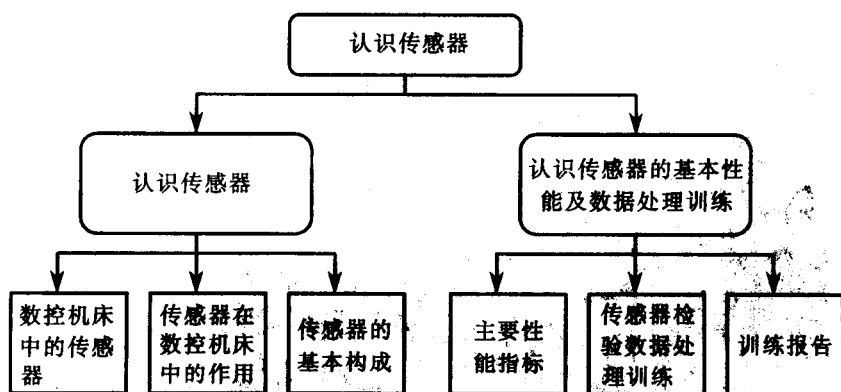
项目一

认识传感器

传感器是能将特定物理量按照一定规律转换成电信号或其他形式信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成。若转换成标准的电信号(如 $4 \sim 20 \text{ mA}$),则这种传感器被称为变送器。

传感器是工业自动化控制及信息检测技术中不可缺少的控制元件,广泛应用在工业生产和日常生活的各个方面。传感器作为工业生产和生活中的“眼睛”为各类控制装置提供信号,为操作人员提供参考信息。如在机械制造行业中,通过对机床的许多静态、动态参数(如工件的加工精度、切削速度、床身振动等)进行在线检测,从而控制加工质量。

项目导航



任务一 认识传感器

任务目标:通过本任务的学习,了解数控机床中传感器的应用情况。掌握传感器的主要构成,了解传感器的种类,熟悉传感器的作用。

传感器技术是现代科技的前沿技术,是现代信息技术的三大支柱之一,其水平高低是衡量一

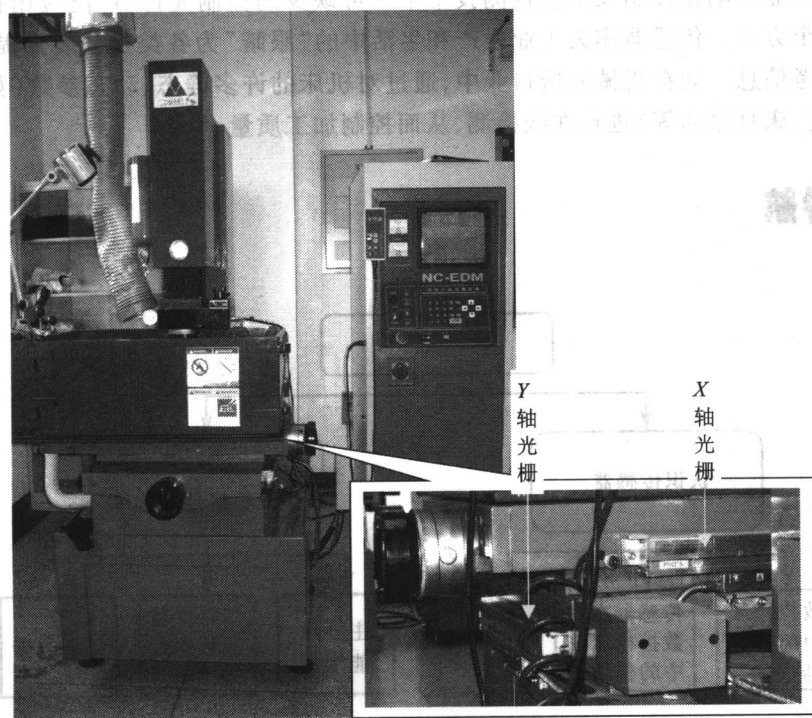
个国家科技发展水平的重要标志之一。传感器产业也是国内外公认的具有发展前途的高技术产业,它以技术含量高、经济效益好、渗透能力强、市场前景广阔等特点为世人瞩目。

一、数控机床中的传感器

数控机床是采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床,是一种典型的光机电一体化加工设备。数控机床的位移和速度需要通过传感器进行检测,因此,检测系统的精度决定了数控机床的加工精度。

活动:参观学校的机床,寻找机床中的传感器。

图 1-1 所示为精密电火花成形机床中光栅的应用情况。在 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴上均安装数显光栅尺,用来测量直线位移,属于直线光栅; Z 轴的光栅安装在主轴里; X 、 Y 轴光栅见图 1-1。



(a) 精密电火花成形机床外形图

(b) 机床中测量位移的直线光栅

图 1-1 精密电火花成形机床中光栅的应用

图 1-2 所示为一款数控加工中心的主轴,其中光栅也被制成圆盘形的圆光栅并安装在主轴电动机的轴上,用来测量角位移。

图 1-3 所示为四轴数控铣雕机,在旋转轴上安装了光电编码器。光电编码器是一种光学式位置检测装置,把机械转角转换成电脉冲,主要用于测量角位移。在数控机床上,光电编码器用



图 1-2 数控加工中心的主轴圆光栅

在数字比较伺服系统中作为位置检测装置,将检测信号反馈给数控装置。

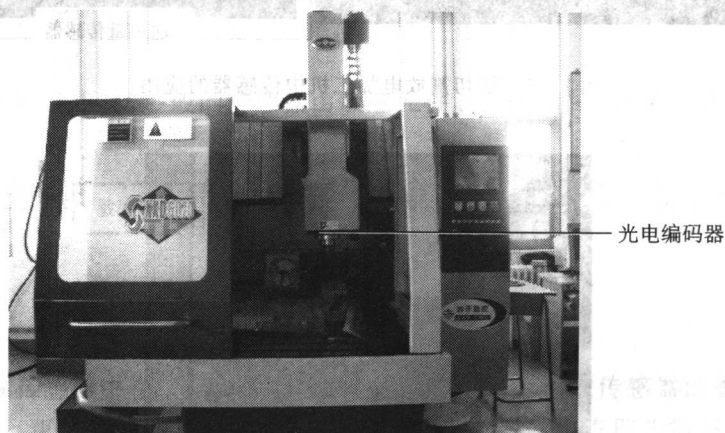


图 1-3 四轴数控铣雕机中传感器应用示例

传感器在数控机床中的主要应用就是位置检测,除此之外,还可应用于其他方面,例如在线切割放电加工机中用到的纵弯曲传感器和送风量传感器,如图 1-4 所示。

二、传感器在数控机床中的作用

传感器将数控机床中的检测变量进行转换后,或供设备进行指示或供机床的控制装置进行控制。

如对于机床中液压油的压力可以采用一个弹簧管压力表进行指示,以供操作人员对设备情况进行判断。图 1-5 所示为某平面磨床中液压油压力的检测指示。

图 1-6 所示为数控机床中的位置检测与控制装置原理图。由控制系统生成的位置指令 P_c 要求工作台移动到规定位置。工作台移动过程中,光栅尺不断检测工作台的实际位置 P_f ,并进行反馈,与位置指令 P_c 进行比较,形成位置偏差 P_e ,即 $P_e = P_c - P_f$ 。只要存在位置偏差,驱动装

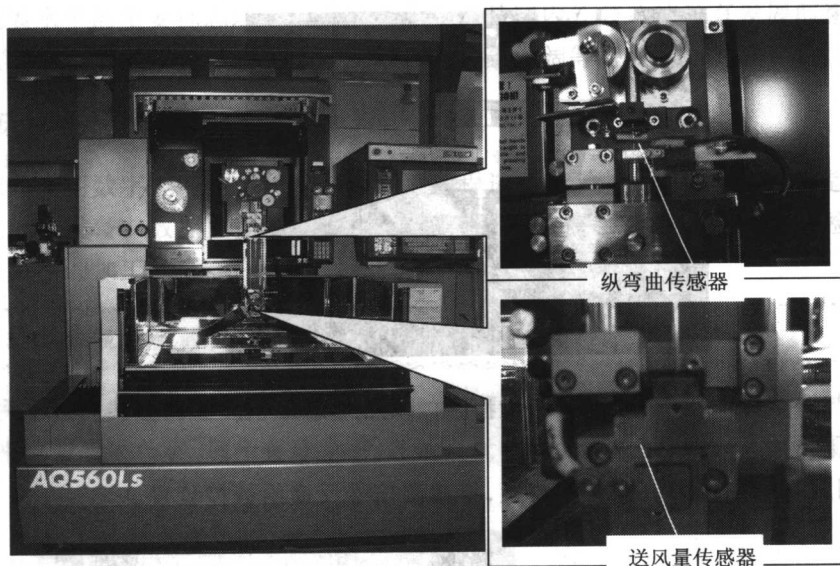


图 1-4 线切割放电加工机中传感器的应用

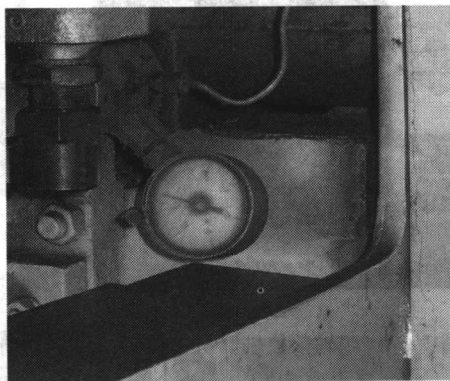


图 1-5 某平面磨床中液压油压力的检测指示

置就驱动伺服电动机,当位置偏差为 0,即 $P_e = P_f$ 时,表示工作台已达到指令位置,伺服电动机停转,工作台准确地停在指令位置上。

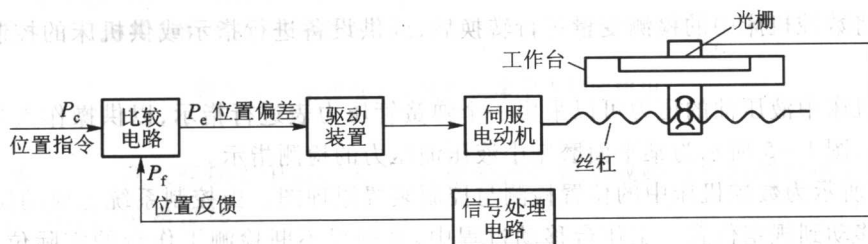


图 1-6 数控机床中的位置检测与控制装置原理图

三、传感器的基本构成

图 1-7 所示为测量压力的电位器式压力传感器的结构简图。当被测压力增大时,弹簧管撑直,通过齿条带动齿轮转动,从而带动电位器的电刷产生角位移。电位器将角位移转换成电阻值的变化,通过测量电路再转换成电压的输出。可见,电位器电阻的变化量反映了被测压力值的变化。

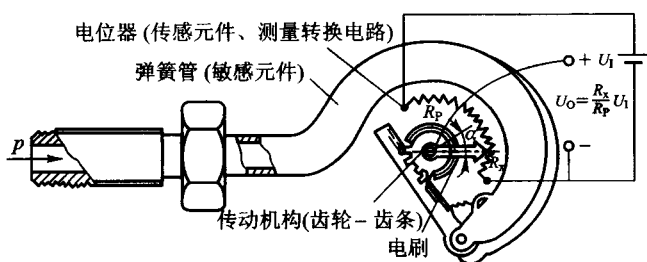


图 1-7 电位器式压力传感器

分析该压力传感器可见,一般的传感器由敏感元件、传感元件及测量转换电路三部分组成,如图 1-8 所示。

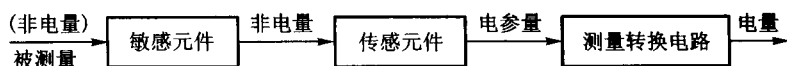


图 1-8 传感器组成框图

1. 敏感元件

敏感元件是在传感器中直接感受被测量的元件,即被测量通过传感器的敏感元件转换成与被测量有确定关系、更易于转换的非电量。图 1-7 中所示的弹簧管即为敏感元件,它将压力转换成角位移 α 。

2. 传感元件

经敏感元件转换后的非电量再经传感元件转换成电参量。图 1-7 中所示的电位器可以将角位移转换成电阻的变化,电位器即为传感元件。有些传感器将传感元件与敏感元件合二为一。

3. 测量转换电路

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、电流或频率量。在图 1-7 中,当电位器的两端加上电源电压 U_1 后,电位器就组成分压比电路,它的输出量是与压力呈一定关系的电压 U_0 。因此,电位器又属于测量转换电路。

任务二 认识传感器的基本性能及数据处理训练

一、主要性能指标

传感器的特性一般是指传感器的输入、输出特性,它有静态和动态之分。下面仅介绍被测物