

传感与检测技术

主编◎周中艳 党丽峰

传感与检测技术

主 编 周中艳 党丽峰
主 审 姜玉柱

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

在机电一体化系统中,传感器相当于系统的感觉器官,它能快速、精确地获取各类信息,系统正是靠对这些信息的分析和处理来实现决策控制,从而使整个系统有序工作。传感与检测技术这门课程是学好机电设备安装与调试,自动化生产线安装、调试与维护等专业课程的基础。“传感与检测技术”课程教学应将重点放在传感器的应用上,本教材正是基于这一点组织教学内容的。教材的每个项目都选用生产、生活中的实际传感器应用电路,易于激发学生的学习兴趣,教学中结合实际应用电路介绍传感器的功能、结构特性、技术参数和选用原则;通过实际电路的制作让学生真正认识相应的传感器,并能够在电路中正确使用传感器;电路的调试使读者掌握检测转换电路的组成原理。教学中将检测同一种信号的不同传感器放在一个模块中,以便于对比学习。项目设计时,不同项目尽可能选用不同转换原理的传感器。通过本教材的学习,读者能较全面、系统地对传感器有一个较深刻的认识,能从实际应用上掌握传感器的使用。

全书图文并茂、通俗易懂、精练实用、通用性强,可作为工程技术人员的参考用书和培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

传感与检测技术/周中艳,党丽峰主编.—北京:北京理工大学出版社,2015.9

ISBN 978-7-5682-1156-7

I. ①传… II. ①周… ②党… III. ①传感器—高等学校—教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第203989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/北京通县华龙印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/12.25

字 数/280千字

版 次/2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷

定 价/40.00元

责任编辑/陆世立

文案编辑/杜春英

责任校对/周瑞红

责任印制/边心超

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

FOREWORD

传感器技术是构成现代信息技术的三大支柱技术(传感器技术、通信技术、计算机技术)之一,它融合了众多学科的技术,并广泛应用于各个领域。但对于一般技术人员来说,其重点在于传感器的应用,即如何通过传感器将被测物理量、化学量或生物量转换成电压、电流或频率信号,以供后续电路处理。传感器及其检测电路是传感器应用中的核心技术,应重点解决传感器选型和接口技术,本书正是为解决这些问题而编写的。

本书在内容上采用“模块+项目+任务”的模式,将同一被测物理量放在一个模块中,每个项目则介绍一种传感器的应用,通过任务理论联系实际,介绍传感器的结构、原理、功能、特性、技术参数、选用原则和转换接口电路的组成原理等。在每个项目中,重点围绕传感器的应用,通过对具体的传感器应用电路的制作、调试来介绍传感器的特性。在每个项目的内容组织上,采取任务驱动方式,将传统的理论知识融合到元件的识别与检测、电路的装配、电路的调试和电路的运行中;突出传感器选用、识别,检测转换电路的装配和调试时原理的分析,使学生真正掌握传感器的应用。对于每个项目的教学,从传感器的参数入手,结合具体的应用电路介绍传感器的选型,从传感器的结构入手组织学生对传感器进行识别和检测,制作电路后分析电路的工作原理,并对电路进行调试和运行;通过项目学习,可以提高学生的动手能力及分析、解决问题的能力,培养学生的职业能力,实现“教、学、做”一体化。全书分为8个模块,

FOREWORD

模块一为传感器与检测基本知识,模块二为温度传感器的应用,模块三为光电传感器的应用,模块四为压力传感器的应用,模块五为位移传感器的应用,模块六为流量传感器的应用,模块七为速度传感器的应用,模块八为气体与湿度传感器的应用。模块一主要介绍传感器的概念、应用、组成、分类、测量的误差和精确度及接口电路的基本知识。模块二至模块八主要以实际应用项目介绍传感器的结构、原理、技术参数、选用原则、使用方法,检测和转换电路的工作原理,电路的调试和检修方法等。

本书图文并茂、通俗易懂、精练实用、通用性强,可作为高等院校教材,也可作为工程技术人员的参考用书和培训教材。

由于作者水平有限,书中难免有遗漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

模块一 传感器与检测基本知识

项目一 传感器基本知识	2
任务一 认识传感器	2
任务二 了解传感器的应用领域	6
任务三 了解传感器的发展趋势	8
项目二 传感器的测量误差和准确度	11
任务一 识记误差的类型	11
任务二 计算误差	12
任务三 计算准确度	14
项目三 检测电路基本知识	15
任务一 明确检测电路的作用	15
任务二 选用检测和转换电路	16

模块二 温度传感器的应用

项目一 热敏电阻在冰箱温度控制中的应用	22
任务一 热敏电阻的识别、检测和选用	23
任务二 热敏电阻式冰箱温度控制电路制作	25
任务三 热敏电阻式冰箱温度控制电路调试	28
项目二 PN 结温度传感器在温室大棚中的应用	30
任务一 PN 结温度传感器的识别、检测和选用	31
任务二 PN 结温度传感器式温度表电路制作	32
任务三 PN 结温度传感器式温度表电路调试	34
项目三 热电偶在输油管道温度测量中的应用	36

任务一 热电偶的识别、检测和选用	37
任务二 热电偶式电路安装	40
任务三 热电偶式电路调试	43
项目四 集成温度传感器在数字显示温度表中的应用	46
任务一 集成温度传感器的识别、检测和选用	47
任务二 集成温度传感器式温度表电路制作	48
任务三 集成温度传感器式温度表电路调试	50

模块三 光电传感器的应用

项目一 光敏电阻在报警器中的应用	53
任务一 光敏电阻的识别、检测和选用	54
任务二 光敏电阻式报警电路制作	55
任务三 光敏电阻式报警电路调试	56
项目二 热释电红外传感器在公共照明中的应用	58
任务一 热释电红外传感器的识别、检测和选用	59
任务二 热释电红外传感器开关电路的制作	60
任务三 热释电红外传感器开关电路调试	61

模块四 压力传感器的应用

项目一 电阻应变片在电子秤中的应用	64
任务一 电阻应变片的识别、检测和选用	65
任务二 简易电子秤电路制作	67
任务三 简易电子秤电路调试	68
项目二 压电式传感器在警戒区报警电路中的应用	70
任务一 压电陶瓷片的识别、检测和选用	71
任务二 简易警戒区报警电路制作	73
任务三 简易警戒区报警电路调试	74
项目三 高分析压电薄膜振动感应片在玻璃破碎报警装置中的应用	76
任务一 高分析压电薄膜振动感应片的识别、检测和选用	77
任务二 简易玻璃破碎报警装置电路制作	79
任务三 简易玻璃破碎报警装置电路调试	80

项目四 压阻式压力传感器在数字压力计中的应用·····	82
任务一 压阻式压力传感器的识别、检测和选用·····	83
任务二 简易数字压力计电路制作·····	85
任务三 简易数字压力计电路调试·····	88

模块五 位移传感器的应用

项目一 电位器式位移传感器在机械行程控制位置检测电路中的应用·····	91
任务一 电位器式位移传感器的识别、检测和选用·····	92
任务二 电位器式位移传感器的位置检测电路制作·····	94
任务三 电位器式位移传感器的位置检测电路调试·····	96
项目二 光栅传感器在数控机床位移检测电路中的应用·····	98
任务一 光栅传感器的识别、检测和选用·····	99
任务二 光栅传感器的位移检测电路制作·····	102
任务三 光栅传感器的位移检测电路调试·····	103
项目三 接近传感器在防触电警告电路中的应用·····	105
任务一 接近传感器的识别、检测和选用·····	106
任务二 接近传感器的位置检测电路制作·····	108
任务三 接近传感器的位置检测电路调试·····	110
项目四 电感传感器在电动测微仪中的应用·····	112
任务一 差动变压器式电感传感器的识别、检测和选用·····	113
任务二 电感传感器的电动测微仪检测电路制作·····	115
任务三 电感式传感器的电动测微仪检测电路调试·····	118
项目五 超声波车载雷达在测距电路中的应用·····	120
任务一 超声波传感器的识别、检测和选用·····	121
任务二 超声波车载雷达测距电路制作·····	125
任务三 超声波车载雷达测距电路调试·····	129

模块六 流量传感器的应用

项目一 涡轮流量计在天然气计量电路中的应用·····	132
任务一 涡轮流量计的识别、检测和选用·····	132

任务二 涡轮流量计在天然气计量电路中的应用·····	136
项目二 电磁流量计在自来水厂水量监控电路中的应用·····	140
任务一 电磁流量计的识别、检测和选用·····	140
任务二 电磁流量计在自来水厂水量监控电路中的应用·····	145

模块七 速度传感器的应用

项目一 霍尔式传感器在汽车防抱死装置中的应用·····	154
任务一 霍尔式传感器的认识·····	155
任务二 霍尔式传感器在汽车防抱死装置中的应用电路制作·····	159
任务三 霍尔式传感器在汽车防抱死装置中的应用电路调试·····	160
项目二 磁电式传感器在发动机转速检测电路中的应用·····	162
任务一 初识磁电式传感器·····	162
任务二 磁电式传感器在发动机转速检测中的应用·····	166
任务三 磁电式传感器在发动机转速检测应用中的调试·····	167

模块八 气体与湿度传感器的应用

项目一 气敏电阻在酒精测试仪中的应用·····	170
任务一 初识气敏电阻·····	171
任务二 酒精浓度检测仪电路制作·····	176
任务三 气敏电阻在酒精浓度检测仪中的应用电路调试·····	179
项目二 湿敏传感器在自动加湿器装置中的应用·····	181
任务一 初识湿敏传感器·····	182
任务二 自动去湿装置的电路制作·····	184
任务三 湿敏传感器在自动去湿装置中的应用电路调试·····	185
参考文献·····	187

模块一

传感器与检测基本知识

模块学习目标

1. 掌握传感器的概念、作用、分类和主要技术参数。
2. 了解传感器在各工程领域中的应用和发展趋势。
3. 掌握测量误差的定义、分类和表示形式。
4. 能够进行测量误差和准确度的计算。
5. 掌握检测和转换电路的电路形式、原理和作用。
6. 能够正确选用检测和转换电路。

项目一

传感器基本知识

任务引入

利用教材、参考书和网络搜集传感器的应用实例，加深对传感器基本知识的理解。

学习目标

1. 掌握传感器的定义。
2. 了解传感器的种类。
3. 理解传感器主要技术参数的含义。
4. 了解传感器的主要应用领域和发展趋势。

学习准备

资料：利用教材、参考书和网络搜集传感器及其应用的相关知识。

任务一 认识传感器

知识准备

1. 传感器的定义

传感器类似人的眼、鼻和口，用于获取各种外界信息。传感器就是利用物理、化学或生物效应，把被测的物理量、化学量、生物量等非电量转换为电量的器件或装置。在自动化控制系统中，传感器相当于系统的感觉器官，能快速、精确地获取各类信息，系统正是靠对这些信息的分析和处理来实现决策控制，以使整个系统有序工作。

传感器可以检测的信息范围很广，常见的输入量、转换原理和输出量见表 1-1。

表 1-1 传感器的输入量、转换原理和输出量

输入量			转换原理	输出量
物理量	几何学量	长度、厚度、角度、形变、位移、角位移	物理效应	电量(电压或电流)
	运动学量	速度、频率、时间、角速度、加速度、角加速度、振动		
	力学量	力、力矩、应力、质量、荷重		
	流体量	流量、流速、压力、真空度、液位、黏度		
	热学量	温度、热量、比热		
	湿度	绝对湿度、相对湿度、露点、水分		
	电量	电流、电压、功率、电场、电荷、电阻、电感、电容、电磁波		
	磁场	磁通、磁场强度、磁感应强度		
	光	光度、照度、色度、紫外线、红外光、可见光、光位移		
	放射线	X 射线、α 射线、β 射线、γ 射线		
化学量	气体、液体、固体、pH 值、浓度	化学效应		
生物量	酶、微生物、免疫抗原、抗体	生物效应		

2. 传感器的组成与分类

1)传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件和转换电路三部分组成，如图 1-1 所示。

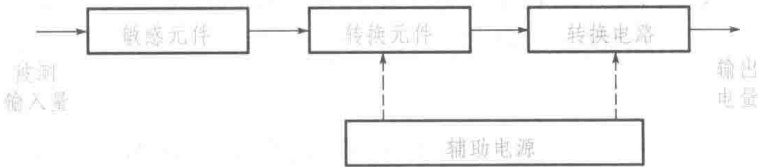
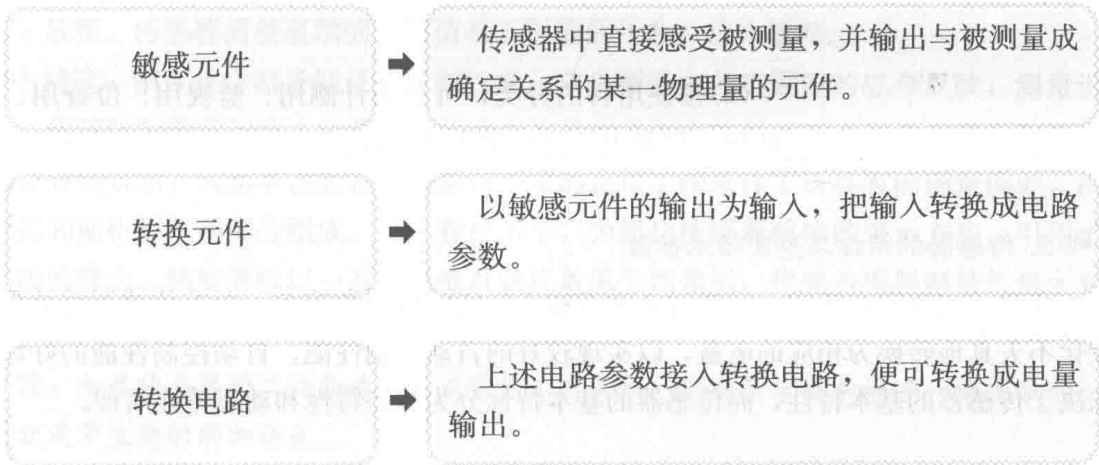


图 1-1 传感器的组成



实际上，有些传感器很简单，仅由一个敏感元件(兼作转换元件)组成，它感受被测量

时直接输出电量(如热电偶)。有些传感器由敏感元件和转换元件组成,没有转换电路。有些传感器,转换元件不止一个,要经过若干次转换。

2) 传感器的分类

传感器的分类

(1)按被测量分类,可分为力学量、光学量、磁学量、几何学量、运动学量、流体量、热学量、化学量、生物量传感器等。这种分类有利于选择传感器和应用传感器。

(2)按工作原理分类,可分为电阻式、电容式、电感式、光电式、光栅式、热电式、压电式、红外、光纤、超声波、激光传感器等。这种分类有利于研究、设计传感器,也有利于对传感器的工作原理进行阐述。

(3)按敏感材料分类,可分为半导体、陶瓷、石英、光导纤维、金属、有机材料、高分子材料传感器等。

(4)按传感器输出量的性质分类,可分为模拟、数字传感器等。其中数字传感器便于与计算机联用,且抗干扰性较强,如脉冲盘式角度数字传感器、光栅传感器等。传感器数字化是今后的发展趋势。

(5)按应用场合分类,可分为工业用、农用、军用、医用、科研用、环保用和家电用传感器等。若按具体使用场合,还可分为汽车用、船舶用、飞机用、宇宙飞船用、防灾用传感器等。

(6)按使用目的分类,可分为计测用、监视用、位查用、诊断用、控制用、分析用传感器等。

3. 传感器的特性与主要技术参数

在自动化控制系统中,需要对各种参数进行实时检测和控制,要求传感器将被测量的变化不失真地转换为相应的电量,以实现较好的自动控制性能。自动控制性能的好坏主要取决于传感器的基本特性,而传感器的基本特性分为静态特性和动态特性两种。

1) 传感器的静态特性

静态特性是指检测系统的输入为不随时间变化的恒定信号时,系统的输出与输入之间的关系。表征传感器静态特性的主要参数有:线性度、灵敏度、迟滞、重复性、漂移、测量范围、量程、精度、分辨力、阈值、稳定性等。传感器的参数指标决定了传感器的性能以及选用传感器的原则。

(1)线性度。线性度指传感器输出量与输入量之间的实际关系曲线偏离拟合直线的程度。通常情况下,传感器的实际静态特性曲线是一条非直线,在实际工作中常用一条拟合直线近似地代表实际的特性曲线。拟合直线的选取有多种方法,如将零输入和满量程输出点相连的理论直线作为拟合直线。

(2)灵敏度。灵敏度是传感器静态特性的一个重要指标,其定义为输出量的增量 Δy 与引起该增量的相应输入量增量 Δx 之比。它表示单位输入量的变化所引起传感器输出量的变化,显然,灵敏度 S 的值越大,表示传感器越灵敏。

(3)迟滞。输入量由大到小(反行程)变化期间,其输入/输出特性曲线不重合的现象称为迟滞。也就是说,对于同一大小的输入信号,传感器的正反行程输出信号大小不相等,这个差值称为迟滞差值。

(4)重复性。重复性是指在同一工作条件下,传感器在输入量按同一方向做全量程连续多次变化时,所得特性曲线不一致的程度。

(5)漂移。在输入量不变的情况下,传感器的输出量随着时间变化,此现象称为漂移。产生漂移的原因有两个方面:一是传感器自身的结构参数;二是周围环境(如温度、湿度等)。最常见的漂移是温度漂移,即因周围环境温度变化而引起输出量的变化,温度漂移主要表现为温度零点漂移和温度灵敏度漂移。

温度漂移通常用传感器工作环境温度偏离标准环境温度(一般为 20°C)时的输出值的变化量与温度变化量之比表示。

(6)测量范围。传感器所能测量到的最小输入量与最大输入量之间的范围称为传感器的测量范围。

(7)量程。传感器测量范围的上限值与下限值的代数差称为量程。

(8)精度。精度是指测量结果的可靠程度,它是测量中各类误差的综合反映,测量误差越小,传感器的精度越高。传感器的精度用其量程范围内的最大基本误差与满量程输出之比的百分数表示,其基本误差是传感器在规定的正常工作条件下所具有的测量误差,由系统误差和随机误差两部分组成。在工程技术中,为简化传感器精度的表示方法,引用了精度等级的概念。精度等级以一系列标准百分比数值分挡表示,代表传感器测量的最大允许误差。

注:如果传感器的工作条件偏离正常的工作条件,还会带来附加误差,温度附加误差就是最主要的附加误差。

(9)分辨力。传感器能检测到的输入量最小变化量的能力称为分辨力。对于某些传感

器,如电位器式传感器,当输入量连续变化时,输出量只做阶梯变化,则分辨力就是输出量的每个“阶梯”所代表的输入量的大小。对于数字式仪表,分辨力就是仪表指示值的最后一位数字所代表的值。当被测量的变化量小于分辨力时,数字式仪表的最后一位数不变,仍指示原值。当分辨力以满量程输出的百分数表示时,则称为分辨率。

(10) 阈值。阈值是指能使传感器的输出端产生可测变化量的最小被测输入量值,即零点附近的分辨力。有的传感器在零点附近有严重的非线性,形成所谓的“死区”,则将死区的大小作为阈值;更多情况下,阈值主要取决于传感器噪声的大小,因而有的传感器只给出噪声电平。

(11) 稳定性。稳定性是指传感器在一个较长的时间内保持其性能参数的能力。理想的情况是,不论什么时候,传感器的特性参数都不随时间变化。但实际上,随着时间的推移,大多数传感器的特性会发生改变。这是因为敏感元件或构成传感器的部件,其特性会随时间发生变化,从而影响了传感器的稳定性。

稳定性一般以室温条件下经过一规定时间间隔后,传感器的输出与起始标定时的输出之间的差异来表示,称为稳定性误差。稳定性误差可用相对误差表示,也可用绝对误差表示。

2) 传感器的动态特性

动态特性是指检测系统的输入为随时间变化的信号时,系统的输出与输入之间的关系。主要动态特性的性能指标有时域单位阶跃响应性能指标和频域频率特性性能指标。

任务实施

观察常用传感器的实物,认识传感器。

任务二 了解传感器的应用领域

知识准备

传感器是自动化设备、智能电子产品、机器人等的重要感觉器官,已应用到人类生命、生活、生产和军事的各个领域中。可以说,从太空到海洋,从各种复杂的工程系统到人们日常生活的衣食住行,都离不开各种各样的传感器,传感器技术对国民经济的发展起着巨大的作用,现在很多行业都试图利用传感器来实现自动化。

1. 传感器在制造业中的应用

传感器在石油、化工、电力、钢铁、机械等加工工业中占有极其重要的地位。传感器

在自动化生产线上相当于人的感觉器官的作用,按需要完成对各种信息的实时检测,再把大量测得的信息通过自动控制、计算机处理等进行反馈,用以进行生产过程、质量、工艺管理与安全方面的控制。

2. 传感器在汽车中的应用

目前,汽车的自动化和智能化程度越来越高,安全性能越来越好,汽车性能的提高与各种传感器的使用密不可分。传感器除对行驶速度、行驶距离、发动机转速等进行检测和控制外,在汽车安全气囊系统、防盗装置、防滑控制系统、防抱死装置、电子变速控制装置、排气循环装置、电子燃料喷射装置及汽车“黑匣子”等方面也得到了实际应用。可以预测,随着汽车电子技术和汽车安全技术的发展,传感器在汽车领域的应用将更加广泛。

3. 传感器在生活中的应用

随着人们生活水平的不断提高,对提高居住环境的智能化和家用电器的自动化程度的要求也越来越高。现代智能楼宇的信息和通信系统、电梯管理、供热与通风、空气调节、能源管理、安全保障等都要应用到各种传感器。传感器在电子炉灶、自动电饭锅、吸尘器、空调器、电子热水器、热风取暖器、风干器、报警器、电熨斗、电风扇、游戏机、电子驱蚊器、洗衣机、洗碗机、照相机、电冰箱、彩色电视机、录像机、录音机、收音机、电唱机及家庭影院等方面得到了广泛的应用。目前,家庭自动化的蓝图正在设计之中,未来的家庭将由作为中央控制装置的微型计算机,通过各种传感器代替人监视家庭的各种状态,并通过控制设备进行各种控制。家庭自动化的主要内容包括:安全监视与报警、空调及照明控制、耗能控制、太阳光自动跟踪、家务劳动自动化及人身健康管理等。家庭自动化的实现可使人们有更多的时间用于教育、休息和娱乐。

4. 传感器在机器人中的应用

目前,劳动强度大、危险、速度高、精度高的工作已逐步使用机器人。采用检测臂的位置和角度的传感器,利用机器人完成加工、组装、检验等工作,这些机器人属于生产用的自动机械式的单能机器人。要使机器人和人的功能更为接近,以便从事更高级的工作,要求机器人具有判断能力,这就要求给机器人安装物体检测传感器,特别是视觉传感器和触觉传感器,使机器人通过视觉对物体进行识别和检测,通过触觉对物体产生压觉、力觉、滑动感觉等。这类机器人被称为智能机器人,它不仅可以从事特殊的作业,而且可以处理一般的生产、事务和家务。

5. 传感器在医学中的应用

随着医疗科学技术的发展,现在已能应用医用传感器对人体的体温、血压、血液流量、心脑电波、脉波和肿瘤等进行准确的诊断。显然,传感器对促进医疗技术的高速发展起着非常重要的作用。

6. 传感器在环境监测中的应用

目前,地球的大气污染、水质污染及噪声污染已严重破坏了地球的生态平衡和我们赖以生存的环境,这一现状引起了世界各国的重视。为保护环境,利用传感器制成的各种环

境监测仪器正在发挥着积极的作用。

7. 传感器在航空及航天领域中的应用

在航空及航天领域广泛地应用着各种各样的传感器。为将航天器控制在预定的轨道上,就要使用传感器进行速度、加速度和飞行距离的测量。要掌握飞行器飞行的方向,就必须使用红外水平线传感器陀螺仪、阳光传感器、星光传感器及地磁传感器测量其飞行姿态。此外,还要通过传感器对飞行器周围的环境、飞行器本身的状态及内部设备进行监测和控制。

8. 传感器在遥感技术中的应用

现在利用飞机、船舶、人造卫星及宇宙飞船对远距离的广大区域的物体及其状态进行大规模探测的活动越来越多。例如,在飞机及航天飞行器中使用的近紫外线、可见光、远红外线及微波传感器,在船舶向水下观测时采用的超声波传感器等。目前,遥感技术已在农林业、土地利用、海洋资源、矿产资源、水利资源、地质、气象及军事等领域得到了广泛应用。

任务实施

每名同学结合自己搜集的一个传感器应用实例,说明传感器的种类、作用及其在应用中要满足哪些技术参数要求。

任务三 了解传感器的发展趋势

知识准备

1. 微型化

微型传感器是基于半导体集成电路技术发展的微电子机械系统(Micro Electro Mechanical Systems, MEMS)技术,利用微机械加工技术将微米级的敏感组件、信号处理器、数据处理装置封装在一块芯片上,具有体积小、质量轻、反应快、灵敏度高、成本低、功耗小、精度高和便于集成等优势。在实现 MEMS 传感器的集成化及智能化的同时,利用 MEMS 传感器技术还开发了与光学、生物学等技术领域交叉融合的新型传感器,如与微光学结合的 MOMES 传感器,与生物技术、电化学结合的生物化学传感器及与纳米技术结合的纳米传感器。

2. 智能化

智能传感器是带有微处理器,具有信息采集、处理、交换功能的传感器,是传感器集成化及与微处理器相结合的产物。与传统传感器相比,智能传感器的智能水平、准确度、