



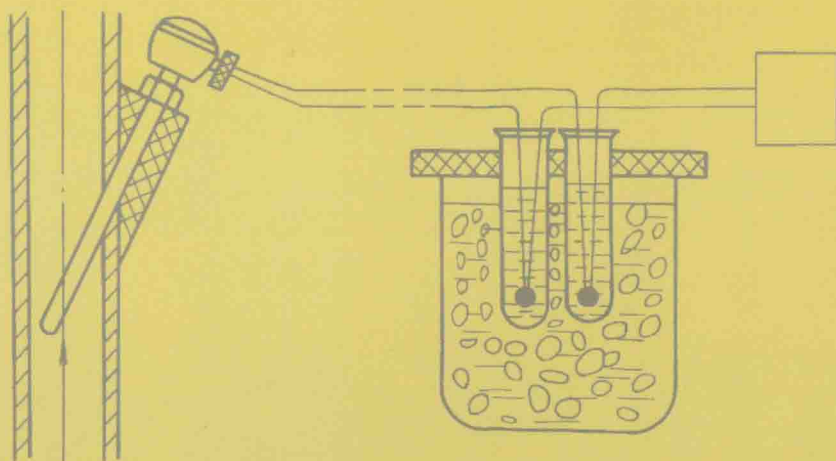
高职高专“十二五”规划教材

机电专业系列

传感器原理与检测技术

CHUANGANQI YUANLI YU JIANCE JISHU

主编 朱志伟 刘红兵



南京大学出版社



高职高专“十二五”规划教材

机电专业系列

传感器原理与检测技术

主 编	朱志伟	刘红兵		
副主编	李庆国	李小龙	戴鼎鹏	郑火胜
编 委	张兰红	雷立英	吴海峰	程鸣凤
	罗 炼	欧亚军	刘恽恒	钟智毅

内容简介

《传感器原理与检测技术》是以被测物理量为研究对象,采用“项目+任务”的编排方式,每个项目由若干个任务组成。本书分为7个项目,分别为温度检测与信号调理、力检测、位移检测、速度检测、液位检测、气体检测,以及传感器在现代检测系统中的应用。每个项目包括“学习目标”、“项目描述”、“任务背景”、“相关知识”、“任务拓展”、“思考与练习”6个栏目,介绍了常见物理量的检测方法、传感器的基本原理、常用传感器的参数、选用原则和应用电路,并介绍了每个电路的调试步骤与方法。

本书内容丰富新颖、适应性强、循序渐进,使用了大量实物照片和插图,增强了教材的直观性和真实感,可作为高职院校电子、电气、机电、自动化及仪表等专业的教材和教学参考书,也可作为有关工程技术人员的参考与自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器原理与检测技术 / 朱志伟, 刘红兵主编. —南京:
南京大学出版社, 2012. 8
高职高专“十二五”规划教材. 机电专业系列
ISBN 978-7-305-10412-1

I. ①传… II. ①朱… ②刘… III. ①传感器—高等
职业教育—教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 189905 号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出版人 左 健
丛 书 名 高职高专“十二五”规划教材·机电专业系列
书 名 传感器原理与检测技术
主 编 朱志伟 刘红兵
责任编辑 惠 雪 何永国 编辑热线 025-83686531

照 排 江苏南大印刷厂
印 刷 南京新洲印刷有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 12.75 字数 266 千
版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-10412-1
定 价 28.00 元

发行热线 025-83594756
电子邮箱 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有,侵权必究
* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

前 言

本书是从高职高专院校毕业学生所从事职业的实际需要出发,合理确定学生所应具备的能力结构和知识结构,将基础内容和专业内容整合在一起,形成以就业为导向的项目化结构而编写的传感器原理与检测技术教材。

传感器与检测技术是一门融合众多学科的技术,但对于一般的技术人员,重点在于传感器的应用,即如何通过检测电路将被测物理量转换成电压、电流或频率信号,以供后续电路处理。传感器及其检测电路则为传感器应用中的核心技术,应用传感器需重点解决传感器的选型和接口技术,《传感器原理与检测技术》正是为解决这些问题而编写的。本教材具有如下特点:

(1) 在总内容的安排上,采用“项目+任务”的模式,将同一被测物理量放在一个项目中,每一个任务介绍一种传感器的应用。

(2) 在每个项目中,以传感器应用为主线,结合传感器的原理、技术参数及选用原则,并通过具体电路来加深对以上内容的理解。

(3) 在内容的承载方式上,增加了直观的图形、波形,力求图文并茂,从而提高本教材的可读性。

(4) 在每个项目的内容组织上,适当保留传统的理论知识,突出传感器的应用电路。

全书分为7个项目:项目一,温度检测与信号调理;项目二,力检测;项目三,位移检测;项目四,速度检测;项目五,液位检测;项目六,气体检测;项目七,传感器在现代检测系统中的应用。

本书由长沙民政职业技术学院朱志伟、湖南铁道职业技术学院刘红兵担任主编,湖南科技职业技术学院李庆国、张家界航空工业职业技术学院李小龙、长沙航空职业技术学院戴鼎鹏、武汉城市职业学院郑火胜担任副主编;湖南铁路科技职业技术学院张兰红、娄底职业技术学院雷立英、潇湘职业学院罗炼、常德职业技术学院钟智毅、长沙民政职业技术学院欧亚军和刘恂恒、张家界航空工业职业技术学院吴海峰和程鸣凤参与教材的编写,同时进行了本教材的资料收集及课件的制作。最后由朱志伟负责统稿。

在编写过程中,编者参阅了许多同行专家们的论著文献,同时还参考了许多网络资料,在此一并真诚致谢。限于编者的学识水平和实践经验,书中一定有很多疏漏和错误,敬请使用本教材的老师和读者批评指正。

编者

2012年3月

目 录

绪论	1
1 检测技术的作用和地位	1
2 传感器及其基本特性	2
3 课程的内容、任务和学习方法	5
思考与练习	6
项目一 温度检测与信号调理	7
任务1 轧钢加热炉温度检测	8
任务背景	8
相关知识	9
1 热电偶的外形、特性及种类	9
2 热电偶的工作原理	11
3 热电偶的基本定律	12
4 热电偶冷端补偿方法	14
5 热电偶的使用及配套仪表	17
拓展知识——基于冷端补偿和非线性校正的热电偶信号调理电路	20
任务2 管道温度检测	22
任务背景	22
相关知识	23
1 热电阻的外形、种类	23
2 热电阻工作原理	23
3 正确使用热电阻测温	24
拓展知识——热电阻用于管道流量检测	26
任务3 数字电冰箱温度检测	27
任务背景	27
相关知识	27
1 热敏电阻的外形	28

2 热敏电阻的分类与工作原理·····	28
3 正确使用热敏电阻传感器·····	29
拓展知识——汽车空调温度控制器电路·····	31
任务4 非接触式体温检测 ·····	32
任务背景·····	32
相关知识·····	33
1 红外辐射·····	33
2 红外传感器的分类与工作原理·····	34
3 正确使用红外测温传感器·····	35
拓展知识·····	35
思考与练习·····	38
项目二 力检测 ·····	39
任务1 电子地磅检测重量 ·····	40
任务背景·····	40
相关知识·····	40
1 测力传感器的弹性敏感元件·····	40
2 电阻应变式传感器·····	43
3 压阻式传感器·····	49
4 正确使用测力传感器·····	50
拓展知识——便携式数显电子秤的设计·····	52
任务2 桥墩水下部位缺陷的检测 ·····	54
任务背景·····	54
相关知识·····	54
1 压电传感器的外形、技术指标和压电材料的外形·····	54
2 压电传感器的工作原理·····	55
3 压电传感器的等效电路与测量电路·····	57
4 正确使用压电传感器·····	58
拓展知识——压电传感器在燃气灶电子点火器上的应用·····	60
思考与练习·····	61
项目三 位移检测 ·····	62
任务1 轴承滚柱的直径检测 ·····	63
任务背景·····	63
相关知识·····	63
1 电感测微传感器的外形·····	64

2 自感式电感传感器	64
3 互感式电感传感器	69
4 正确使用电感传感器	74
拓展知识——电感式接近开关传感器的选型及其使用、调试方法	77
任务2 振动和偏心检测	79
任务背景	79
相关知识	80
1 电涡流传感器的外形结构和性能指标	80
2 电涡流传感器的工作原理	80
3 高频反射式电涡流传感器	81
4 低频透射式电涡流传感器	81
5 电涡流传感器的测量电路	82
6 正确使用电涡流传感器	83
拓展知识——电涡流式传感器的应用	84
任务3 数控机床的位移检测(光栅传感器)	86
任务背景	86
相关知识	87
1 光栅传感器的外形和结构	87
2 光栅的分类与结构	89
3 莫尔条纹和特性	90
4 光栅传感器测量位移的原理	91
5 光栅传感器的测量电路	92
6 正确使用光栅位移传感器	93
拓展知识——数控机床的位移检测(磁栅传感器)	94
思考与练习	99
项目四 速度检测	101
任务1 机床转轴的转速检测	101
任务背景	101
相关知识	101
1 霍尔传感器的外形结构	102
2 霍尔传感器的工作原理	102
3 霍尔集成传感器	109
4 霍尔转速表	111
拓展知识——光电传感器测速度	113
思考与练习	113

项目五 液位检测	114
任务1 汽车油箱的油位检测	114
任务背景	114
相关知识	115
1 电容式液位传感器的外形	115
2 几种电容传感器的结构	115
3 电容传感器的工作原理	116
4 电容式传感器的测量电路	120
5 正确使用电容式液位传感器	125
拓展知识——土壤湿度检测	126
任务2 高压密闭容器的液位检测	127
任务背景	127
相关知识	127
1 超声波传感器的外形结构和特性	127
2 超声波的特性	129
3 正确使用超声波液位传感器	132
拓展知识——超声波测距系统	133
思考与练习	135
项目六 气体检测	136
任务1 厨房可燃气体泄漏检测	137
任务背景	137
相关知识	138
1 气敏电阻的外形和结构	138
2 气敏电阻的组成、工作原理及特性	139
3 接触燃烧式气敏传感器	144
4 正确使用气敏传感器和报警器	147
拓展知识——酒精测试仪的设计	149
思考与练习	152
项目七 传感器在现代检测系统中的应用	155
任务1 现代检测系统的基本结构	156
任务背景	156
相关知识	156
1 现代检测系统的三种基本结构	156

2 现代检测系统设计的关键技术	159
任务 2 现代汽车中的传感器应用	165
任务背景	165
相关知识	166
1 汽车传感器的工作环境、种类和特点	166
2 汽车中的各种传感器的应用	167
拓展知识——车用传感器的故障检测方法	174
任务 3 现代机器人中的传感器应用	175
任务背景	175
相关知识	175
1 机器人传感器的分类	175
2 机器人的触觉传感器	176
3 机器人的其他类型传感器	178
拓展知识——智能循迹机器人小车	179
思考与练习	180
附录	182
附录 A K 型热电偶分度表	182
附录 B Pt100 铂电阻分度表	188
附录 C 基于 MATLAB 最小二乘法的 K 型热电偶线性拟合	192
参考文献	193

绪 论

在现代工业生产中,为了检查、监督和控制某个生产过程或运动对象,使其处于所选工况最佳状态,就必须掌握描述它们特性的各种参数,这就要测量这些参数的大小、方向、变化速度等等。所谓检测,就是人们借助于仪器、设备,利用各种物理效应,采用一定的方法,将客观世界的有关信息通过检查与测量来获取定性或定量信息的认识过程。这些仪器和设备的核心部件就是传感器,传感器是感知被测量(多为非电量),也是一种将感知被测量转化为电量的器件或装置。而检测包含检查和测量两个方面,其中,检查往往是获取定性信息,测量则是获取定量信息。

1 检测技术的作用和地位

用中国古话“工欲善其事,必先利其器”来说明检测技术在现代科学技术中的重要性是很恰当的。所谓“事”,就是指发展现代科学技术的伟大事业,而“器”则是指利用检测技术而制造的仪器、仪表、工具等。所以说检测技术是科学和生产实践的必要手段,其水平的高低是科学技术现代化的重要标志,在发展国民经济中的作用就不言而喻了。

近年来,随着家电工业的兴起,检测技术进入了人们的日常生活中,例如,电冰箱中的温度传感器、监视煤气溢出的气敏传感器、防止火灾的烟雾传感器、防盗用的光电传感器等等;在机械制造业中,利用检测技术,通过对机床的加工精度、切削速度、床身振动等许多静态、动态参数进行在线测量来控制加工质量;在化工、电力等行业中,如果不能随时对生产工艺过程中的温度、压力、流量等参数进行自动检测,生产过程就无法控制,甚至会产生危险;在交通领域,一辆现代化汽车所用的传感器就多达数十种,用以检测车速、方位、转矩、振动、油压、油量、温度等;在国防科研中,检测技术用得更多,许多尖端的检测技术都是因国防工业需要而发展起来的,例如,研究飞机的强度则要在机身、机翼上贴几百片应变片,并进行动态特性测试。

有人把计算机比喻为人的大脑的延续,称之为“电脑”;而把传感器比喻为人的感觉器官的延续,称之为“电五官”(视、听、味、嗅、触)。没有“电五官”就不能实现自动化,没有自

动检测技术就没有自动保护、自动报警和自动诊断系统,就不能实现自动计量和自动管理。特别是传感器与计算机相结合,使得一些带有微处理器的新型智能化仪器不断涌现,对生产过程进行自动控制。这样不仅大大提高了劳动生产率和产品质量,而且减轻了劳动强度,改善了劳动条件。

检测涉及的范畴很广,常见的检测涉及内容如表 0-1 所示。

表 0-1 检测涉及内容

被测量类型	被测量	被测量类型	被测量
机械量	速度、加速度、转速、应力、应变、力矩、振动等	热工量	温度、热量、比热容、压强、物位、液位、界面、真空度等
几何量	长度、厚度、角度、直径、平行度、形状等	物质成分量	气体、液体、固体的化学成分、浓度、湿度等
电参量	电压、电流、功率、电阻、阻抗、频率、相位、波形、频谱等	状态量	运动状态(启动、停止等)、异常状态(过载、超温、变形、堵塞等)

2 传感器及其基本特性

(1) 传感器的定义

国家标准 GB 7665—87 对传感器的定义是:“能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成”。传感器是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将检测感受到的信息按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。传感器是实现自动检测和自动控制的首要环节。传感器的输出信号多为易于处理的电量,如电压、电流、频率等。

传感器组成框图如图 0-1 所示。图中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之有确定关系,更易于转换的非电量。这一非电量通过转换元件被转换成电参量。转换电路的作用是将转换元件输出的电参量转换成易于处理的电压、电流或频率量。应该指出,有些传感器是将敏感元件与转换元件合二为一。

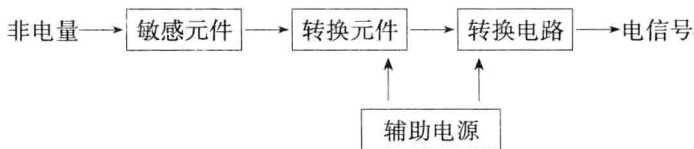


图 0-1 传感器组成框图

(2) 传感器分类

根据某种原理设计的传感器可以同时检测多种物理量,而有时一种物理量又可以用几种传感器测量。传感器有很多种分类方法,但目前尚无一个统一的分类方法,比较常见的分类方法有如下3种:

① 按传感器的物理量分类,可分为:位移、力、速度、温度、湿度、流量、气体成分等传感器。

② 按传感器工作原理分类,可分为:电阻、电容、电感、电压、霍尔、光电、光栅、热电偶等传感器。

③ 按传感器输出信号的性质分类,可分为:输出为开关量(“1”和“0”或“开”和“关”)的开关型传感器、输出为模拟型传感器、输出为脉冲或代码的数字型传感器。

(3) 传感器数学模型

传感器检测被测量应按照规律输出有用信号,因此,需要研究其输出-输入之间的关系和特性,理论上用数学模型表示输出-输入之间的关系和特性。

传感器可以检测静态量和动态量输入信号的不同,传感器表现出来的关系和特性也不相同。本教材将传感器的数学模型分为动态和静态2种,这里只研究传感器的静态数学模型。

静态数学模型是指在静态信号作用下,传感器输出量与输入量之间的一种函数关系。表示为:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_nx^n \quad (0-1)$$

式中, x 为输入量; y 为输出量; a_0 为零输入时的输出,也称零位误差; a_1 为传感器的线性灵敏度,用 K 表示; a_2, \cdots, a_n 为非线性项系数。

根据传感器的数学模型,一般将传感器分为3种:

① 理想传感器,静态数学模型表现为 $y = a_1x$;

② 线性传感器,静态数学模型表现为 $y = a_0 + a_1x$;

③ 非线性传感器,静态数学模型表现为 $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_nx^n$ ($a_2 \cdots a_n$ 中至少有一个不为零)。

(4) 传感器的特性与技术指标

传感器的静态特性是指对静态的输入信号、传感器的输出量与输入量之间的关系。因为输入量和输出量都与时间无关,因此,它们两者之间的关系,即传感器的静态特性可用一个不含时间变量的代数方程或以输入量为横坐标,并把与其对应的输出量为纵坐标而绘制出的特性曲线来描述。表征传感器静态特性的主要参数有:线性度、灵敏度、分辨

力和迟滞等。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) 传感器的灵敏度

灵敏度是指传感器在稳态工作情况下输出量变化 Δy 对输入量变化 Δx 的比值。它是输出-输入特性曲线的斜率。

$$K = dy/dx$$

如果传感器的输出和输入之间呈线性关系,则灵敏度 K 是一个常数,即为特性曲线的斜率,否则该灵敏度 K 将随输入量的变化而变化。

灵敏度的量纲是输出量和输入量的量纲之比,例如,某位移传感器在位移变化 1 mm 时,输出电压变化为 200 mV,则其灵敏度表示为 200 mV/mm。当传感器的输出量和输入量的量纲相同时,灵敏度可理解为放大倍数。提高灵敏度,可得到较高的测量精度,但灵敏度越高,测量范围越窄,稳定性也往往越差。

2) 传感器的线性度

通常情况下,传感器的实际静态特性输出是一条曲线而非直线。在实际工作中,为使仪表具有均匀刻度的读数,常用一条拟合直线近似地表示实际的特性曲线,而线性度(非线性误差)就是这个近似程度的一个性能指标。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;或将与特性曲线上各点偏差的平方和为最小的理论直线作为拟合直线,此拟合直线称为最小二乘法拟合直线。

$$E = +\Delta_{\max}/Y_m \times 100\%$$

式中, Δ_{\max} 是实际曲线和拟合直线之间的最大差值; Y_m 为量程。

3) 传感器的分辨力

分辨力是指传感器可能感受到的被测量的最小变化的能力,也就是说,如果输入量从某一非零值缓慢变化,输入变化值未超过某一数值时,传感器的输出不会发生变化,则传感器是分辨不出此输入量的变化的,因此,只有当输入量的变化超过分辨力时,其输出量才会发生变化。

通常传感器在满量程范围内各点的分辨力并不相同,因此,常用满量程中能使输出量产生阶跃变化的输入量中的最大变化值作为衡量分辨力的指标。

4) 重复性

传感器在输入量按同一方向做多次全量程测试时,所得特性曲线不一致的程度即为重复性。

$$E_z = +\Delta_{\max}/Y_m \times 100\%$$

式中, Δ_{\max} 是多次测量曲线之间的最大差值; Y_m 是传感器的量程。

5) 迟滞现象

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,特性曲线不一致的程度,即为迟滞现象。而闭合路径则称为滞环。

$$E_{\max} = +\Delta_{\max}/Y_m \times 100\%$$

式中, Δ_{\max} 是正向曲线与反向曲线之间的最大差值; Y_m 是传感器的量程。

6) 稳定性和漂移

传感器的稳定性分为长期和短期,其稳定性一般是指经过一段时间后,传感器的输出量和初始标定时输出量之间的差值。通常用不稳定度来表征传感器输出的稳定程度。

传感器的漂移是指在外界干扰下,输出量出现与输入量无关的变化。漂移有很多种,如时间漂移和温度漂移等。时间漂移是指在规定的条件下,零点或灵敏度随时间发生变化;温度漂移是指随环境温度变化而引起的零点或灵敏度的变化。

3 课程的内容、任务和学习方法

传感器原理与检测技术涉及的内容比较广,包括信息的获得、测量方法、信号的变换、处理和显示、误差的分析、干扰的抑制、可靠性等问题。

由于传感器将被测量转换成电量的方法有很多,同时还有各种转换电路和显示装置,因此与传感器有联系的课程很多。直接与本课程有关的基础课程有《数学》、《电工技术》、《电子技术》以及《单片机技术》等,尤其与《电子技术》和《单片机技术》等课程的关系更为密切,因为传感器原理主要是基于各种物理现象和物理效应,各种转换电路主要是以电子技术为基础的,控制电路是以单片机为核心的。

通过本课程的学习需达到以下要求:

- (1) 掌握常用传感器的工作原理、结构、性能,并能正确选用恰当的传感器;
- (2) 熟悉测量误差的基本知识、传感器的基本转换电路和信号处理方法;
- (3) 了解传感器的基本概念和检测系统的组成,对常用检测系统应具有一定的分析与维护能力;
- (4) 了解抗干扰技术及检测系统的可靠性问题;
- (5) 了解单片机在检测系统中的应用;
- (6) 对工业生产过程中主要工艺参数的测量能提出合理的检测方案,具有正确选用传感器以及测量转换电路组成实用检测系统的初步能力。

学习本课程可参考以下方法:

- (1) 着重理解传感器的基本原理以及解决信息检取和能量更换的基本思想方法;
- (2) 注意传感部分与转换电路之间的联系,弄清楚转换电路的原理;

(3) 利用互联网查找资料,加深理解,拓宽知识面。

◆思考与练习

0-1 什么是传感器? 传感器由哪几部分组成? 它在自动控制系统中起什么作用?

0-2 什么是传感器的静态特性? 它由哪些技术指标描述?

0-3 有一台测量压力的仪表,测量范围为 $0\sim 10$ MPa,压力 P 与仪表输出电压之间的关系为 $U_o = a_0 + a_1 P + a_2 P^2$,式中 $a_0 = 1$ V, $a_1 = 0.6$ V/MPa, $a_2 = -0.02$ V/MPa²。试求:(1) 该仪表的输出特性方程;(2) 画出输出特性曲线;(3) 该仪表的灵敏度表达式;(4) 分别计算 $P_1 = 2$ MPa 和 $P_2 = 8$ MPa 时的灵敏度 K_1 、 K_2 。

0-4 通过网络了解传感器的基本知识、应用和发展趋势。

项目一 温度检测与信号调理

◆学习目标

1. 了解温度传感器的分类；
2. 了解热电偶工作原理；
3. 了解集成温度传感器的特点；
4. 了解热电阻的工作原理；
5. 了解红外辐射的基本知识。

◆项目描述

温度检测的方法有很多,仅从测量体和被测介质接触与否可分为接触式测温和非接触式测温两大类。接触式测温是基于热平衡原理,测温敏感元件必须与被测介质接触,使两者处于同一热平衡状态,具有同一温度,如水银温度计、热电偶温度计等;非接触式测温是利用物质的热辐射原理,测温敏感元件不是与被测介质接触,而是通过接收被测物体发出的辐射热来判断温度,如辐射温度计、红外温度计等。目前工业上常用温度计及其测温原理、测温范围、使用场合等如表 1-1 所列。

表 1-1 常用温度计一览表

测温方法	温度计分类	测温原理	测温范围/°C	使用场合
接触式	热电偶温度计	利用物体的热电性质	0~2 000	液体、气体、加热炉中高温,能远距离传送
	电阻温度计(热电阻、半导体热敏电阻)	利用导体或半导体受热后电阻值变化的性质	-200~500	液体、气体、蒸汽的中低温,能远距离传送
	压力式温度计(液体式、气体式)	利用封闭在固定体积中的气体、液体受热,其体积或压力变化的性质	0~300	用于测量易爆、有震动处的温度,传送距离不是很远
	膨胀式温度计(固体膨胀式的双金属温度计、液体膨胀式的玻璃温度计)	利用液体或固体受热产生热膨胀的原理	-200~700 0~300	用于轴承、定子等处的温度测量,输出控制信号或温度越限报警

续表

测温方法	温度计分类	测温原理	测温范围/°C	使用场合
非接触式	辐射式高温计(光学高温计、辐射高温计、比色温度计)	利用物体辐射能的性质	700~3 000 800~3 500	用于测量火焰、钢水等,不能直接测量的高温场合

接触式温度计测温简单、可靠,且测量精度高,但由于测温元件需与被测介质接触并进行充分的热交换后才能达到热平衡,因而产生了滞后现象。另外,由于受到耐高温材料的限制,接触式温度计不能用于高温测量。而非接触式温度计因测温元件不与被测介质接触,因此测温范围广,原则上其测温上限不受限制,测温速度较快,且可对运动体进行测量,但非接触式温度计受到物体的发射率、被测对象到仪表之间的距离、烟尘和水汽等其他介质的影响,一般测温误差较大。

表 1-1 所示的各种测温计中,膨胀式温度计的结构和工作原理简单,多用于就地指示;辐射式温度计精度较差;而热电测温计则具有精度高、信号便于远距离传输等优点,因此,热电偶和热电阻温度仪表在工业生产中应用广泛。

任务 1 轧钢加热炉温度检测

◆ 任务背景

图 1-1 所示为轧钢加热炉。轧钢加热炉主要是把钢坯料加热到均匀的、适合轧制的温度。目前,钢铁企业轧钢系统采用的加热炉一般为两段式或三段式加热炉。其中三段式加热炉是普遍使用的一种炉型,它分为预热段、加热段和均热段。相对于两段式加热炉,三段式加热炉增加了均热段。如果要加工轴承钢,由于此钢种的导热性较差,在开坯或成材的轧前加热时速度不宜过快,钢坯

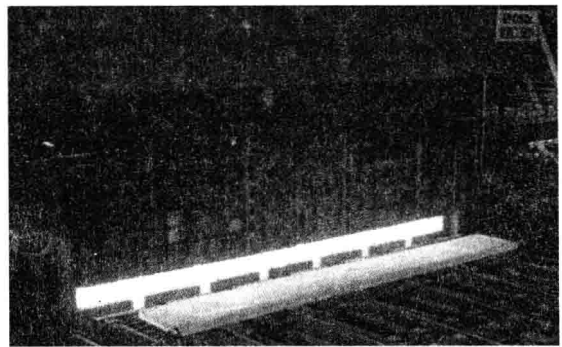


图 1-1 轧钢加热炉

入炉时的炉尾温度不宜过高,应小于 700 °C,轴承钢的过烧温度约为 1 220 °C,因此,一般的加热温度在 1 100~1 180 °C 之间为宜。若温度过低,则变形抗力较大,而温度过高则会出现过热和过烧等现象。所以,在轧钢过程中,需要对温度进行精确测量。根据轧钢加热