



物联网技术系列丛书

基于Protues的 温度数据 采集系统设计

王来志 王小平 杨定慧 著

JI YU Protues DE

WENDU SHUJU CAIJI XITONG SHEJI

物联网



西南交通大学出版社

◎ 责任编辑 / 黄庆斌

◎ 助理编辑 / 黄冠宇

◎ 封面设计 / JADE.HE DESIGN STUDIO

基于Protues的 温度数据采集系统设计



交大e出版
微信购书|数字资源



官方天猫店
上天猫 买正版

ISBN 978-7-5643-5508-1



9 787564 355081 >

定价:68.00元

物联网技术系列丛书

基于 Protues 的温度数据 采集系统设计

王来志 王小平 杨定慧 著

西南交通大学出版社

· 成都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

基于 Protues 的温度数据采集系统设计 / 王来志, 王小平, 杨定慧著. — 成都: 西南交通大学出版社, 2017.6

(物联网技术系列丛书)

ISBN 978-7-5643-5508-1

I. ①基… II. ①王… ②王… ③杨… III. ①温度传感器—数据采集系统—系统设计 IV. ①TP212.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 135767 号

物联网技术系列丛书

基于 Protues 的温度数据采集系统设计

王来志 王小平 杨定慧 著

责任编辑	黄庆斌
助理编辑	黄冠宇
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	170 mm × 230 mm
印 张	13
字 数	255 千
版 次	2017 年 6 月第 1 版
印 次	2017 年 6 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-5508-1
定 价	68.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书的编写主要有两个目的：一是作为介绍传感器相关课程——温度数据采集系统设计方面的实训教材；二是作为模拟信息采集与分析从业人员工作时的参考资料。

信息科学是众多领域中发展最快的一门科学，也是当今最具有活力的学科之一。信息科学的四大环节（信息捕获、提取、传输、处理）是人们目前最关心、对社会发展和进步起到重要作用的内容。其中最前沿的“阵地”就是信息捕获，而捕获的主要工具就是传感器。传感器作为测控系统中对象信息的入口，在科学研究、工程应用、工业管理、生产生活以及其他领域中起到了越来越重要的作用。

本书以温度传感器为例，详细介绍基于 Protues 的温度数据采集系统设计。本书分基础篇与应用篇两部分，共计六章，基础篇主要讲述了传感器及检测技术基本概念、温度传感器及其数据采集环境搭建；应用篇主要讲述了数字温度传感器、模拟温度传感器的温度采集与仿真实例以及商务机软件设计实例。本书是物联网技术创新应用研究所（KYT201408）、重庆市高等职业院校新技术推广项目（GZTG201608）、重庆市教委科学技术研究项目（KJ1603106）、中国职业技术教育学会物联网专业委员会研究项目（20161021）、重庆城市管理职业学院研究项目（2016jgkt009、2016kyxm011）研究成果之一。

本书由重庆城市管理职业学院高级实验师王来志、教授王小平、工程师杨定慧合著。其中第一章、第二章、第三章、第四章由王来志编写，第五章、第六章由王小平和杨定慧编写，统稿由王来志完成。王建勇、杨坝、姚进、蔡川参与了部分书稿的资料整理、图标

绘制等工作。本书引用了互联网上部分资讯以及报刊中的报道，在此一并向原作者和刊发机构致谢，对于不能一一注明引用来源深表歉意。对于网络上收集到的共享资料某些没有注明出处或由于时间、自身疏忽等原因找不到出处的，以及编者对部分资料进行了加工、修改后纳入书中的，编者在此郑重声明其著作权均属于其原创作者，并在此向他们在网上共享和提供所创作的内容表示致敬和感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有不足，恳请广大读者批评指正。

编 者

2017年4月

目 录

CONTENTS

基础篇

第一章 传感器及检测技术基本概念	1
第一节 传感器的基本概念	1
第二节 检测技术的基本概念	17
第二章 温度传感	33
第一节 温度检测概念	33
第二节 温度传感器	33
第三章 采集环境搭建	49
第一节 Keil 环境构建	49
第二节 Proteus 环境构建	58
第三节 Keil 与 Proteus 联调设置	83

应用篇

第四章 数字温度传感器温度采集与仿真	88
第一节 工作原理	88
第二节 仿真电路	113
第三节 软件程序	114
第五章 模拟温度传感器温度采集与仿真	122
第一节 工作原理	122
第二节 仿真电路	130

第三节 软件程序	130
第六章 上位机软件设计	135
第一节 环境配置	135
第二节 串口通信基础知识	138
第三节 上位机串行编程	144
附录 NTC 热敏电阻温度补偿特性表	189
参考文献	202

利用仿真打通物联网的奇经八脉

利用 Protues 软件仿真的方法仿真物联网数据采集层(数据采集及控制终端),用 PC 编写上位机程序模拟数据采集网关,用 PC 编写通信服务器,数据库服务器,构建 WEB 服务器,编写手机 APP。那么整个物联网系统就呈现在我们面前,其体系结构如图 0-1 所示。

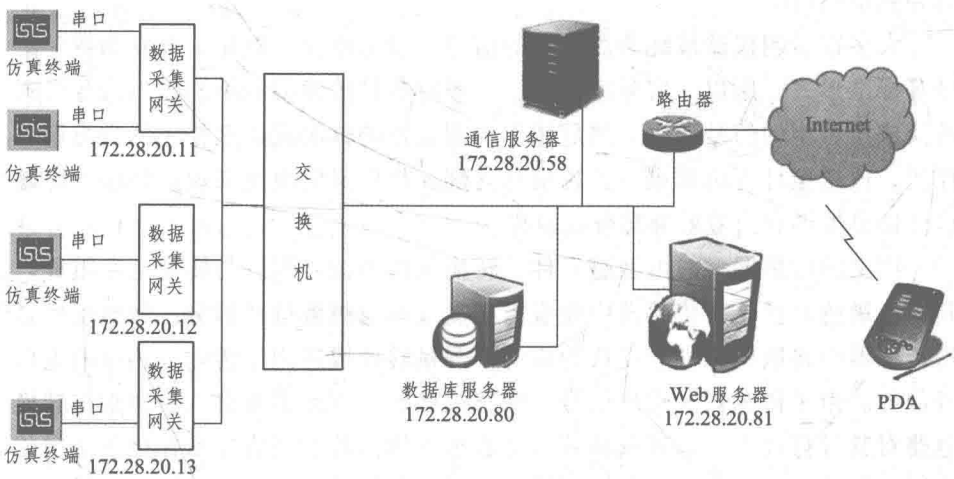


图 0-1 利用仿真打通物联网的奇经八脉

第一章 传感器及检测技术基本概念

第一节 传感器的基本概念

一、传感器的定义与组成

测量仪器一般由信号检出器件和信号处理两部分组成。信号检出器件的

任务是检测出测量环境下的被测信号。例如在测量面包烤箱（测量环境）的温度（被测信号）时，将热敏电阻（信号检出器件）插入烤箱中，热敏电阻的阻值便随着温度的变化而变化。这种能感应被测量的变化并将其转换为其他物理量变化的器件，就是狭义的传感器（Transducer 或 Sensor）。也就是说信号检出器就是传感器。

对于各种各样的被测量，有各种各样的传感器与之相对应，其输出信号有如下特点：

- （1）传感器输出信号的形式多样化，有电阻、电感、电荷、电压等；
- （2）传感器输出信号微弱，不易于检测；
- （3）传感器的输入阻抗较高，会产生较大的信号衰减；
- （4）传感器输出信号动态范围宽，输出信号会受到环境因素的影响，影响到测量的精度。

大多数检测仪器最终所需输出的信号一般为电流、电压、电容和数字信号等标准形式，所以，实际应用中，一般将各种传感器的不同输出信号形式转换成所希望的信号形式，然后用于检测仪器的输出或送至控制器进行调节控制，或送至计算机做进一步的信息处理。从广义的角度来说，传感器应是信号检出器件和信号处理部分的总称。

广义的传感器一般由敏感元件、转换元件和信号调理与转换电路组成。其中，敏感元件是指传感器中能直接感受或响应被测量的部分；转换元件是指传感器中将敏感元件感受或响应的被测量转换成适用于传输或测量的电信号部分。由于传感器的输出信号一般都很微弱，因此需要有信号调理与转换电路对其进行放大、运算调制等。随着半导体器件与集成技术在传感器中的应用，传感器的信号调理与转换电路可安装在传感器的壳体里或与敏感元件一起集成在同一芯片上，构成集成传感器（如美国 ADI 公司生产的 AD22100 型模拟集成温度传感器）。此外，信号调理与转换电路以及传感器工作时必须有辅助电源。传感器的组成如图 1-1 所示。



图 1-1 传感器组成

二、传感器的分类

传感器技术是一门知识密集型技术，它与许多学科有关。传感器的原理各种各样，其种类十分繁多，分类方法也很多。按被测量的性质不同划分，主要分为位移传感器、压力传感器、温度传感器等；按传感器的工作原理划分，主要分为电阻应变式、电感式、电容式、压电式、磁电式传感器等。习惯上常把两者结合起来命名传感器，比如电阻应变式压力传感器、电感式位移传感器等。

按被测量的转换特征划分传感器又可分为结构型传感器和物性型传感器。结构型传感器是通过传感器结构参数的变化而实现信号转换的，如电容式传感器依靠极板间距离变化引起电容量的变化。物性型传感器是利用某些材料本身的物理性质随被测量变化的特性而实现参数的直接转换。这种类型的传感器具有灵敏度高、响应速度快、结构简单、便于集成等特点，是传感器的发展方向之一。

按能量传递的方式划分还可分为能量控制型传感器和能量转换型传感器两大类。能量控制型传感器的能量由外部供给，但受被测输入量的控制，如电阻应变式传感器、电感式传感器、电容式传感器等。能量转换型传感器的输出量直接由被测量能量转换而得，如压电式传感器、热电式传感器等。

三、传感器的基本特性

在测试过程中，要求传感器能感受到被测量的变化并将其不失真地转换成容易测量的量。被测量一般有两种形式：一种是稳定的，即不随时间变化或变化极其缓慢，称为静态信号；另一种是随时间变化而变化，称为动态信号。由于输入量的状态不同，传感器所呈现出来的输入-输出特性也不同，因此，传感器的基本特性一般为静态特性。

（一）传感器的静态特性

传感器的静态特性是指被测量的值处于稳定状态时的输出-输入关系。衡量静态特性的重要指标是线性度、灵敏度、迟滞、重复性、分辨率和漂移等。

1. 线性度

传感器的线性度是指其输出量与输入量之间的实际关系曲线（即静特性曲线）偏离直线的程度，又称非线性误差。静特性曲线可通过实际测试获得。在实际使用中，大多数传感器为非线性的，为了得到线性关系，常引入各种

非线性补偿环节。如采用非线性补偿电路或计算机软件进行线性化处理。但如果传感器非线性的次方不高,输入量变化范围较小时,可用一条直线(切线或割线)近似地代表实际曲线的一段,使传感器输出-输入线性化,如图 1-2 所示。所采用的直线称为拟合直线。实际特性曲线与拟合直线之间的偏差称为传感器的非线性误差(或线性度),通常用相对误差 γ_L 表示,即

$$\gamma_L = \pm \frac{\Delta L_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 $\Delta L_{\max}$ ——最大非线性绝对误差;

Y_{FS} ——满量程输出。

从图 1-2 可见,即使是同类传感器,拟合直线不同,其线性度也是不同的。选取拟合直线的方法很多,常用的有理论直线法、端点法、割线法、切线法、最小二乘法和计算机程序法等,用最小二乘法求取的拟合直线的拟合精度最高。

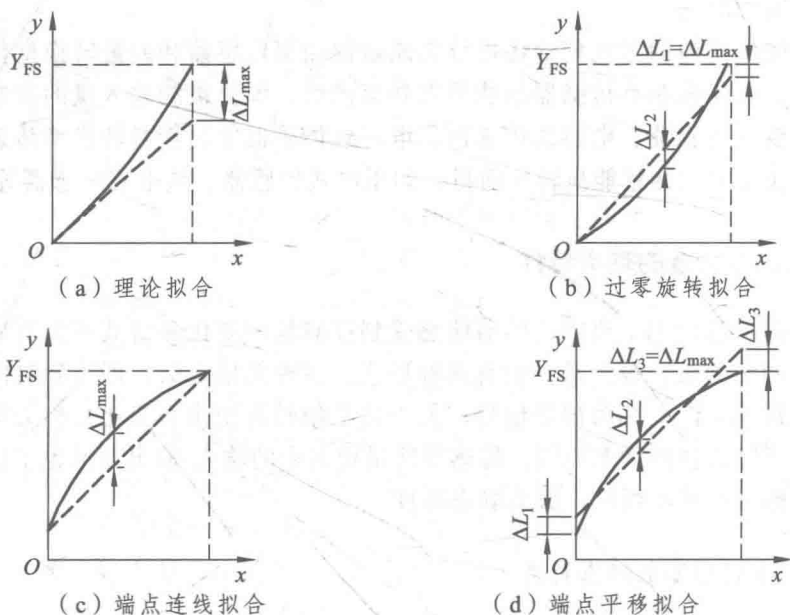


图 1-2 几种直线拟合方法

2. 灵敏度

灵敏度 s 是指传感器的输出量增量 Δy 与引起输出量增量 Δy 的输入量 Δx 的比值,即

$$s = \frac{dy}{dx} \quad (1-2)$$

对于线性传感器，它的灵敏度就是它的静态特性的斜率，即 s 为常数；而非线性传感器的灵敏度为一变量，用 $s=dy/dx$ 表示。传感器的灵敏度如图 1-3 所示。

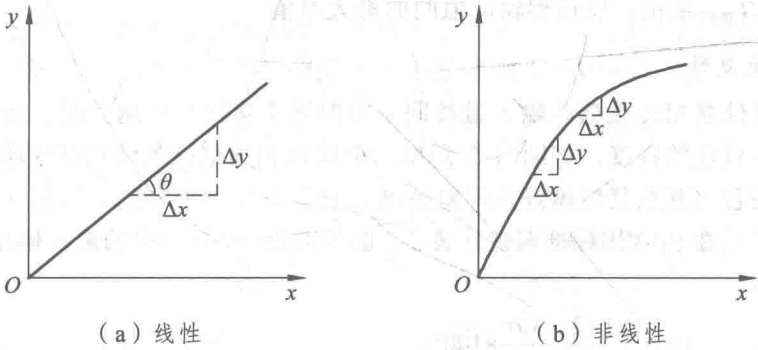


图 1-3 传感器的灵敏度

另外，有时用输出灵敏度这个性能指标来表示某些传感器的灵敏度，如应变片式压力传感器。输出灵敏度是指传感器在额定载荷作用下，测量电桥供电电压为 1 V 时的输出电压。

3. 迟滞（回差滞现象）

传感器在正向（输入量增大）行程和反向（输入量减小）行程期间，输出-输入特性曲线不重合的现象称为迟滞，如图 1-4 所示。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等。产生这种现象的主要原因是由于传感器敏感元件材料的物理性质和机械零部件的缺陷所造成的。例如，弹性敏感元件的弹性滞后、运动部件摩擦、传动机构的间隙、紧固件松动等，具有一定的随机性。

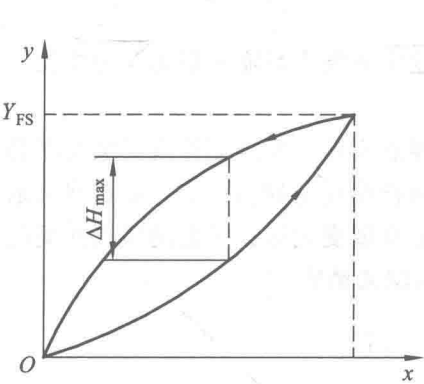


图 1-4 传感器的迟滞特性

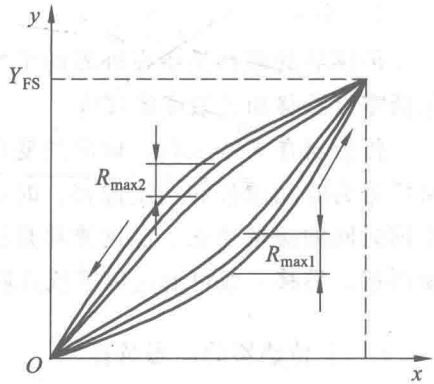


图 1-5 重复性

迟滞大小通常由实验确定。迟滞误差 γ_H 可由下式计算：

$$\gamma_H = \pm \frac{1}{2} \frac{\Delta H_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中， $\Delta H_{\max}$ 是正、反行程输出值间的最大差值。

4. 重复性

重复性是指传感器在输入量按同一方向做全量程多次测试时，所得特性曲线不一致性的程度，如图 1-5 所示。多次按相同输入条件测试的输出特性曲线越重合，其重复性越好，误差越小。

不重复性 γ_R 常用标准偏差 σ 表示，也可用正、反行程中的最大偏差 $\Delta R_{\max}$ 表示，即

$$\gamma_R = \pm \frac{1}{2} \frac{(2 \sim 3)\sigma}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-4)$$

或

$$\gamma_R = \pm \frac{1}{2} \frac{\Delta R_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (1-5)$$

5. 分辨率

传感器的分辨率是指在规定测量范围内所能检测输入量的最小变化量 $\Delta x_{\min}$ 。有时也用该值相对满量程输入值的百分数 ($\Delta x_{\min}/x_{FS} \times 100\%$) 表示。

6. 稳定性

传感器的稳定性一般是指长期稳定性，是在室温条件下，经过相当长的时间间隔，如一天、一月或一年，传感器的输出与起始标定时的输出之间的差异，因此通常又用其不稳定度来表征传感器输出的稳定程度。

7. 漂移

传感器的漂移是指在外界的干扰下，输出量发生与输入量无关的变化，包括零点漂移和灵敏度漂移等。

传感器在零输入时，输出的变化称为零点漂移。零点漂移或灵敏度漂移又可分为时间漂移和温度漂移。时间漂移是指在规定的条件下，零点或灵敏度随时间的缓慢变化。温度漂移是指当环境温度变化时，引起的零点或灵敏度漂移。漂移一般可通过串联或并联可调电阻来消除。

(二) 传感器的动态特性

传感器的动态特性是指其输出对随时间变化的输入量的响应特性。一个

动态特性好的传感器，其输出将再现输入量的变化规律，即具有相同的时间函数。在动态的输入信号情况下，输出信号一般来说不会与输入信号具有完全相同的时间函数，这种输出与输入间的差异就是所谓的动态误差。

影响传感器的动态特性主要是传感器的固有因素，如温度传感器的热惯性等，不同的传感器，其固有因素的表现形式和作用程度不同。另外，动态特性还与传感器输入量的变化形式有关。也就是说，我们在研究传感器动态特性时，通常是根据不同输入变化规律来考察传感器的动态响应的。传感器的输入量随时间变化的规律是各种各样的，下面对传感器动态特性的分析，同自动控制系统分析一样，通常从时域和频域两方面采用瞬态响应法和频率响应法。

1. 瞬态响应法

研究传感器的动态特性时，在时域中对传感器的响应和过渡过程进行分析的方法，为时域分析法，这时传感器对所加激励信号的响应称为瞬态响应。常用激励信号有阶跃函数、斜坡函数、脉冲函数等。下面以最典型、最简单、最易实现的阶跃信号作为标准输入信号来分析评价传感器的动态性能指标。

当给静止的传感器输入一个单位阶跃函数信号

$$u(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0 \\ 1, & t > 0 \end{cases} \tag{1-6}$$

时，其输出特性称为阶跃响应或瞬态响应特性。瞬态响应特性曲线如图 1-6 所示。

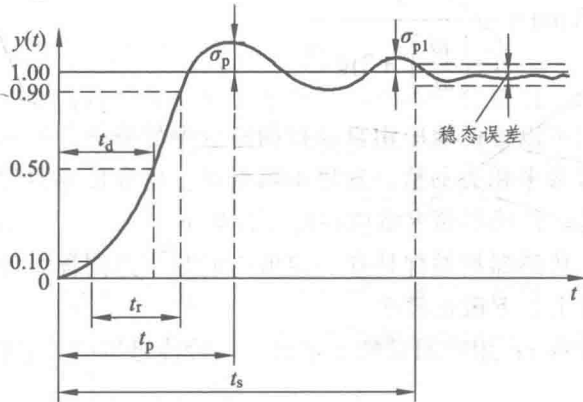


图 1-6 阶跃响应特性

(1) 最大超调量 σ_p ：最大超调量就是响应曲线偏离阶跃曲线的最大值，

常用百分数表示。当稳态值为 1, 则最大百分比超调量 $\sigma_p = \frac{y(t_p) - y(\infty)}{y(\infty)} \times 100\%$ 。

最大超调量反映传感器的相对稳定性。

(2) 延滞时间 t_d : t_d 是阶跃响应达到稳态值 50% 所需要的时间。

(3) 上升时间 t_r : 根据控制理论, 它有几种定义:

① 响应曲线从稳态值的 10% 上升到 90% 所需时间。

② 从稳态值的 5% 上升到 95% 所需时间。

③ 从零上升到第一次到达稳态值所需的时间。

上升时间 t_r , 对有振荡的传感器常用③描述, 对无振荡的传感器常用①描述。

(4) 峰值时间 t_p : 响应曲线从零到第一个峰值时所需的时间。

(5) 响应时间 t_s : 响应曲线衰减到稳态值之差不超过 $\pm 5\%$ 或 $\pm 2\%$ 时所需要的时间。有时称又为过渡过程时间。

2. 频率响应法

频率响应法是从传感器的频率特性出发研究传感器的动态特性。传感器对正弦输入信号的响应特性, 称为频率响应特性。对传感器动态特性的理论研究, 通常是先建立传感器的数学模型, 通过拉氏变换找出传递函数表达式, 再根据输入条件得到相应的频率特性。大部分传感器可简化为单自由度一阶或二阶系统, 其传递函数可分别简化为:

$$H(j\omega) = \frac{1}{\tau(j\omega) + 1} \quad (1-7)$$

$$H(j\omega) = \frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 + 2j\xi\frac{\omega}{\omega_n}} \quad (1-8)$$

因此, 我们可以方便地应用自动控制原理中的分析方法和结论, 关于具体方法, 读者可参考相关书籍, 这里不再赘述。研究传感器的频域特性时, 主要用幅频特性。传感器频率响应特性指标如下:

(1) 频带: 传感器增益保持在一定值内的频率范围称为传感器的频带或通频带, 对应上有上、下截止频率。

(2) 时间常数 τ : 用时间常数 τ 来表征一阶传感器的动态特性。 τ 越小, 频带越宽。

(3) 固有频率 ω_n : 二阶传感器的固有频率 ω_n 表征了其动态特性。

对于一阶传感器, 减小 τ 可改善传感器的频率特性。对于二阶传感器, 为了减小动态误差和扩大频率响应范围, 一般是提高传感器固有频率 ω_n 。而

固有频率 ω_n 与传感器运动部件质量 m 和弹性敏感元件 k 有关,即 $\omega_n = \sqrt{k/m}$ 。增大刚度 k 和减小质量 m 可提高固有频率,但刚度 k 增加,会使传感器灵敏度降低。所以在实际应用中,应综合各种因素来确定传感器的各个特征参数。

四、传感器的应用领域及其发展

现代信息技术的三大基础是信息采集(即传感器技术)、信息传输(通信技术)和信息处理(计算机技术),它们在信息系统中分别起到了“感官”“神经”和“大脑”的作用。传感器属于信息技术的前沿尖端产品,其重要作用如同人体的五官。传感器是信息采集系统的首要部件,是实现现代化测量和自动控制(包括遥感、遥测、遥控)的主要环节。

(一) 传感器的应用领域

1. 生产过程的测量与控制

在生产过程中,利用传感器对温度、压力、流量、位移、液位和气体成分等参量进行检测,从而实现对工作状态的控制。

2. 安全报警与环境保护

利用传感器可对高温、放射性污染以及粉尘弥漫等恶劣工作条件下的过程参量进行远距离测量与控制,并可实现安全生产。可用于温控、防灾、防盗等方面的报警系统。在环境保护方面可用于对大气与水质污染的监测、放射性和噪声的测量等。

3. 自动化设备和机器人

传感器可提供各种反馈信息,尤其是传感器与计算机的结合,使自动化设备的自动化程度有了很大提高。在现代机器人中大量使用了传感器,其中包括力、扭矩、位移、超声波、转速和射线等许多传感器。

4. 交通运输和资源探测

传感器可用于对交通工具、道路和桥梁的管理,以保证提高运输的效率和防止事故的发生。还可用于陆地与海底资源探测以及空间环境、气象等方面的测量。

5. 医疗卫生和家用电器

利用传感器可实现对病患者的自动监测与监护,可用于微量元素的测定、