

孙继平 编著

# 矿井监测与控制

北京工业大学出版社



# 矿井监测与控制

孙继平 编著

北京工业大学出版社

## 内 容 简 介

本书对矿井监控系统所涉及的传感器技术、信息传输技术、信息处理技术、矿用防爆技术以及系统选型、使用和维修所涉及的问题进行了介绍,并结合实际系统介绍了微型计算机在系统中的应用。本书在编写过程中,力求实用性强,系统性好,论述面宽,取材新颖,以满足从事矿井监控系统开发、应用和管理人员的急需。

本书可供从事矿井监控系统开发、应用和管理的人员参考。也可作为矿山电气化与自动化专业师生及煤炭系统局、矿级总工程师和机电工程师的参考书。

矿井监控与控制

孙继平 编著

北京工业大学出版社出版发行

各地新华书店经销

北京工业大学印刷厂印刷

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

787×1092毫米 32开本 6.625印张 141千字

印数: 1~1500册

ISBN7-5639-0124-8/G·88

定价: 4.00元

# 前 言

自70年代以来,矿井监控技术发展较快,矿井监控系统的功能日益完善,生产和应用数量不断增加,为安全生产和现代化管理创造了有利条件,同时也有越来越多的人员从事着矿井监控系统的开发、应用和管理工作。然而,迄今为止还没有一本较全面、较系统地论述矿井监测与控制的书籍。为了适应矿井监控系统开发和普及应用的需要,编者根据自己多年来从事矿井监控系统理论研究、开发和教学的体会,编写了这本书,奉献给读者,希望能为矿井监控技术的发展做一点工作。

本书共有五章。第一章介绍矿井监控系统的功能、组成和所涉及的技术领域。第二章介绍传感器的基础知识及几种常用矿用传感器。第三章介绍矿井监控系统所涉及的传输问题。第四章论述系统的网络结构、复用方式、信息的处理、显示与记录和系统选型、使用和维修所涉及的问题。第五章以实际系统为例,介绍了微型计算机在系统中的应用。

笔者的理论研究工作得到了高等学校博士学科点专项科研基金资助。在编写本书的过程中,朱建铭教授对全稿进行了审查,提出了宝贵的修改意见。朱李平同志帮助搜集和整理资料,承担了全书的制图和校核工作。由于水平所限,书中难免有错误和欠妥之处,敬请读者批评指正。

编 著 者

1990年9月于北京

# 目 录

|            |                 |         |
|------------|-----------------|---------|
| <b>第一章</b> | <b>概述</b>       | ( 1 )   |
| <b>第二章</b> | <b>传感器技术基础</b>  | ( 3 )   |
| 第一节        | 传感器的基本概念        | ( 3 )   |
| 第二节        | 甲烷传感器           | ( 16 )  |
| 第三节        | 风速传感器           | ( 16 )  |
| 第四节        | 煤仓煤位传感器         | ( 20 )  |
| 第五节        | 光纤传感器           | ( 21 )  |
| 第六节        | 开关量传感器          | ( 24 )  |
| 第七节        | 其它矿用传感器         | ( 25 )  |
| 第八节        | 信号的转换           | ( 26 )  |
| <b>第三章</b> | <b>传输技术基础</b>   | ( 31 )  |
| 第一节        | 基本概念            | ( 31 )  |
| 第二节        | 检错技术            | ( 37 )  |
| 第三节        | 数字基带传输          | ( 42 )  |
| 第四节        | 数字频带传输          | ( 49 )  |
| 第五节        | 传输线             | ( 55 )  |
| <b>第四章</b> | <b>矿井监控系统</b>   | ( 70 )  |
| 第一节        | 系统的网络结构         | ( 70 )  |
| 第二节        | 电缆的复用方式         | ( 83 )  |
| 第三节        | 矿井监控信息的处理、显示与记录 | ( 93 )  |
| 第四节        | 矿井监控系统选型与使用     | ( 122 ) |
| 第五节        | 矿井监控系统的维修       | ( 140 ) |
| <b>第五章</b> | <b>矿井监控系统实例</b> | ( 142 ) |
| 第一节        | 系统概述            | ( 142 ) |

|     |                |         |
|-----|----------------|---------|
| 第二节 | 与系统配套的传感器..... | ( 157 ) |
| 第三节 | 分站电源.....      | ( 179 ) |
| 第四节 | 分站.....        | ( 184 ) |
| 第五节 | 中心站.....       | ( 189 ) |



# 第一章 概 述

矿井监控系统是增强矿山安全，提高生产率的有效工具。世界各主要产煤国对此都很重视，开发了多个系统，如CTT-63/40u（法国）、TF-200（联邦德国）、MINOS（英国）、SCADA（美国）、森透里昂（加拿大）、KJ2（中国）等，为煤矿井下安全生产和采、掘、运、通、排等主要生产环节的协调工作创造了条件，解决了矿井安全监测及生产监控的燃眉之急。

矿井监控系统包括矿井环境安全监测和矿井生产监控两个方面。矿井环境安全监测系统用来监测影响生产安全和矿工身心健康的井下环境因素，如甲烷、一氧化碳、风速、环境温度、氧气、矿山压力、粉尘、湿度等。矿井生产监控系统用来监控煤炭生产的主要设备的工况，如：煤仓的煤位、采煤机、运输机、风机、水泵、电机车、主要电气设备的工况等。随着矿井监控技术的发展，单一的环境安全监测或生产监控系统逐渐被大容量、多参数、多功能的环境安全和生产综合监控系统所替代。

矿井监控系统就其实体结构，可以划分为三部分：

1. 传感器 它是将被测物理量变换成另一物理量（通常为电量），以便于传输和处理的器件。

2. 传输系统 它将传感器输出的、反映被测物理量的电信号（或光信号）传输到井上监控中心站，同时，将井上监控中心站发出的控制信号传输到相应的控制设备。但在单工

传输系统中，只将井下的信息传输到井上监控中心站，而井上监控中心站不向井下发送任何控制信号。

3. 井上监控中心站 它将采集到的矿井信息进行分析处理、存貯、记录、显示、超限报警，同时，根据控制要求向井下有关设备发出控制命令。

随着集成电路集成度的进一步提高，功能的逐渐增强，价格的下降，传感器和井下发送设备（又称分站）正向着智能化的方向发展。这就是说，信息处理可由传感器、井下分站、井上中心站来共同完成，井上监控中心站不必对井下分站的每个传感器依序采集数据，而只需发出简要指令，接收处理后的结果。在这种系统中，智能传感器具有非线性校正、信息压缩、自诊断等功能；置于井下分站中的微机起着记忆判断、控制等智能活动，采集模拟量和开关量信号，根据要求进行处理，然后将结果存于存储器中待井上中心站获取。由于传感器和井下分站可以对信息进行处理，从而减少了井上中心站与井下分站之间的频繁联系，提高了传输效率。

由此可见，矿井监控技术主要包括传感器技术、信息传输技术、信息处理技术、计算机技术和矿用防爆技术五个方面。



## 第二章 传感器技术基础

任何监控系统都是根据传感器所提供的信息来工作的。传感器作为监控系统的第一个环节，完成着信息的获取和转换功能，其性能的好坏直接影响着系统的监控精度。传感器的精度和可靠性是在选用传感器时所要考虑的主要技术指标，当然也要兼顾体积小、重量轻、使用维护方便、价格低廉等方面的要求。

### 第一节 传感器的基本概念

#### 一、为什么要使用传感器？

在监控系统中，所需监测的物理量大多数是非电量，如：甲烷、风速、温度等，而这些物理量是不宜直接进行远距离传输的。为了达到集中监控之目的，就必须对这些物理量进行变换，将他们变换成便于传输和处理的物理量。目前最能满足这些要求的是电信号。电信号的量测、传输和处理手段最为成熟，便于信号的放大、存储和计算机处理。这就需要使用传感器将被监测的非电量信号转换为电信号。

#### 二、传感器的组成

传感器主要由敏感元件、转换元件、测量电路和辅助电源组成，如图2-1所示。

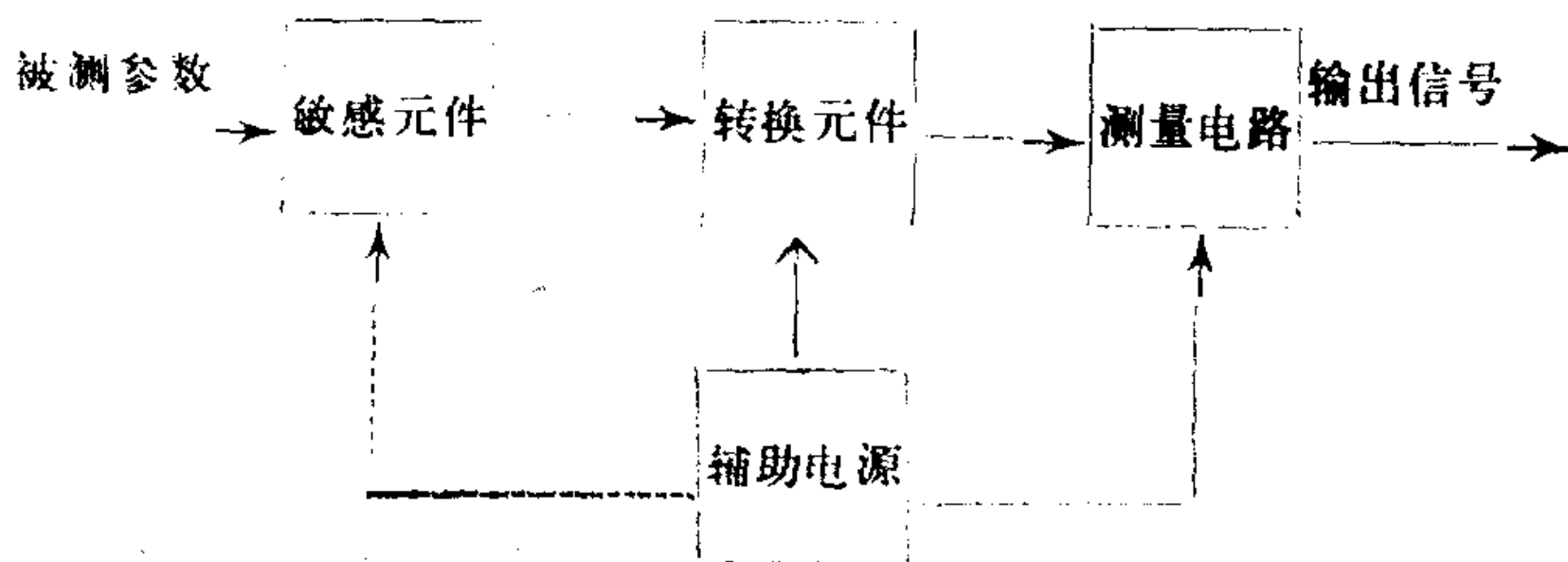


图2-1 传感器组成方框图

在进行非电量到电量的转换时，并非所有的非电量都能利用现有技术一次直接转换为电量，而是将被测非电量先转换为另一种便于转换为电量的非电量。敏感元件就是将被测的非电量转换成另一种便于转换为电量的非电量的器件。转换元件是将敏感元件所输出的非电量转换为电量的器件。例如，矿用超声波旋涡式风速传感器，首先通过敏感元件将风速转换为与风速成正比关系的旋涡频率，然后再通过转换元件将旋涡频率转换为电脉冲频率。有时敏感元件同时兼做转换元件，这时被测的非电量被直接转换为电量，例如热电偶和热敏电阻。

转换元件的输出可以是电信号（电压或电流的变化），也可以是电阻、电容、电感等参数的变化。当转换元件输出为电信号时，测量电路就是一般的放大器，否则就需要通过电桥先将这些参数变换成电信号，然后再进行放大。测量电路除完成上述功能外，一般还应具有非线性补偿、阻抗和电平匹配、信号缓冲等功能。随着集成电路集成度的提高，微处理机芯片的应用，在智能传感器里，测量电路还具有信号的预处理等功能。测量电路又叫接口电路或二次仪表。

### 三、传感器的分类

传感器的分类方法主要有：按输入量（物理量）和按变



换原理分类两种方法。按输入量分类的传感器，如甲烷、风速、负压等传感器，这种分类方法明确地指明了传感器所能监测的物理量，便于使用者选择，但不便于了解传感器的变换原理和性能。按变换原理分类的传感器，如吸附效应、电化学、热催化等传感器，该分类法说明了传感器的变换原理，有利于专业人员设计和研究，但不利于使用者选择。为利用上述两种分类法的优点，有时将用途和原理并列称呼，如热导式甲烷传感器、超声波旋涡式风速传感器等。

此外，还有按能量的传递方式来分类的：有源的和无源的；按型式分类的：便携式、机载式等；按传感器的输出信号的性质分类的：模拟式和数字式等等。

#### 四、传感器的部分特性

##### (一) 输入特性

量程是传感器的主要输入特性，在实际应用中经常遇到。量程是指传感器所允许测量被测物理量的量值范围。一般用传感器允许测量的物理量的上、下极限来表示，其中上限值又称为满量程值。如甲烷传感器的量程： $0\sim 3\%CH_4$ ，风速传感器的量程： $0.4\sim 15m/s$ 等。在使用中，如果被测物理量超出了传感器所规定的量程范围，将会造成较大的测量误差或传感器的损坏。

##### (二) 静态特性

所谓静态特性就是指传感器在被测物理量的各个值处于稳态时的输出—输入关系。

##### 1. 精度

精度，表示传感器的测量结果与被测实际值的接近程度。精度一般是在校验或标定的过程中确定的。此时，实际值的测量是靠其它更精确的仪器或工作基准给出的。

精度一般用“极限误差”来表示，如甲烷传感器的精度可表示为： $\pm 1.5/1000\text{CH}_4$ ，或用极限误差与满量程值之比按百分数给出，如甲烷传感器的精度可表示为： $\pm 5\%$ 。

## 2. 迟滞

所谓迟滞，就是指传感器在输入量 $x$ 增大(正行程)或减小(反行程)时，输出-输入曲线不重合的程度，如图2-2所示。一般取标定过程中所得的下述值作为迟滞的指标：

$$\text{迟滞} = (\Delta y_{\max} / y_{\max}) \times 100\%$$

式中  $\Delta y_{\max}$ ——输出值在正反行程间的最大差值。

$y_{\max}$ ——满量程输出平均值。

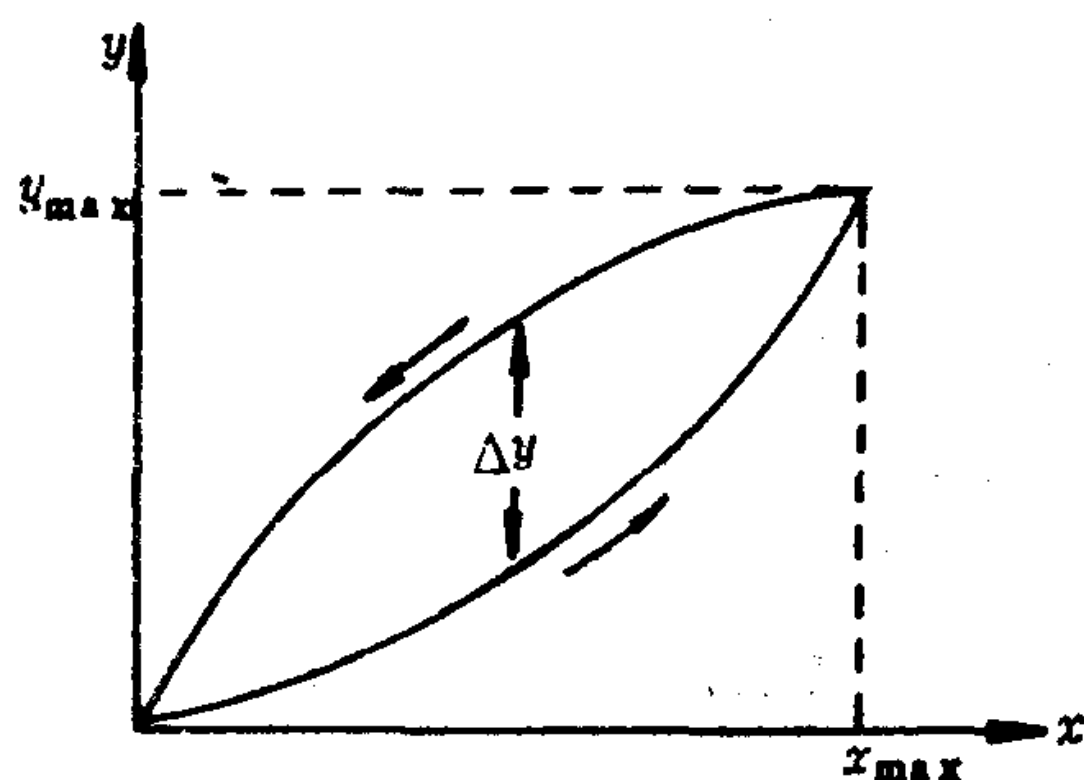


图2-2 迟滞特性

在具有机械运动部分的叶轮式风速传感器中，它反映了机械部分的某些缺损，如轴承摩擦和间隙、灰尘的积塞等。

## 3. 重复性

所谓重复性就是指传感器在不变的工作状态下，重复地给予某一个相同的输入值时，其输出的一致性，如图2-3所示。

重复性可以用行程输出平均值之间的最大偏差值与满量程输出的百分比来表示。这时，要先求出正反行程多次测量的输出值之间的最大偏差 $\Delta y'_{1\max}$ 、 $\Delta y'_{2\max}$ ，再取这两个最大偏差中较大者作为 $\Delta y'_{\max}$ ，再根据 $\Delta y'_{\max}$ 与满量程输



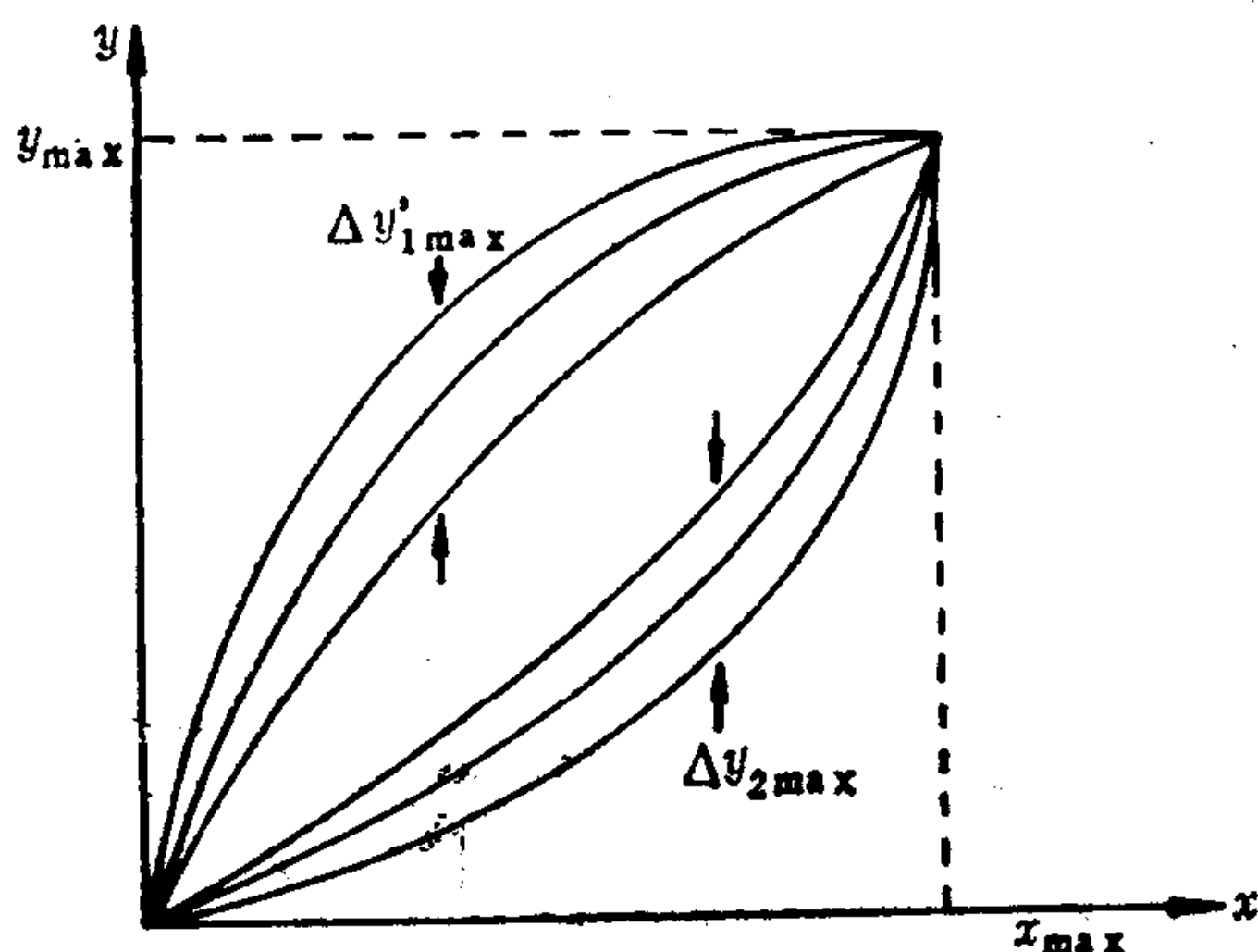


图2-3 重复特性

出  $y_{\max}$  相比, 求出重复性误差:

$$\text{重复性} = (\Delta y'_{\max} / y_{\max}) \times 100\%$$

重复性误差的计算方法, 除上述方法外, 还有用均方根偏差与满量程输出的百分比来计算的方法。

#### 4. 线性度

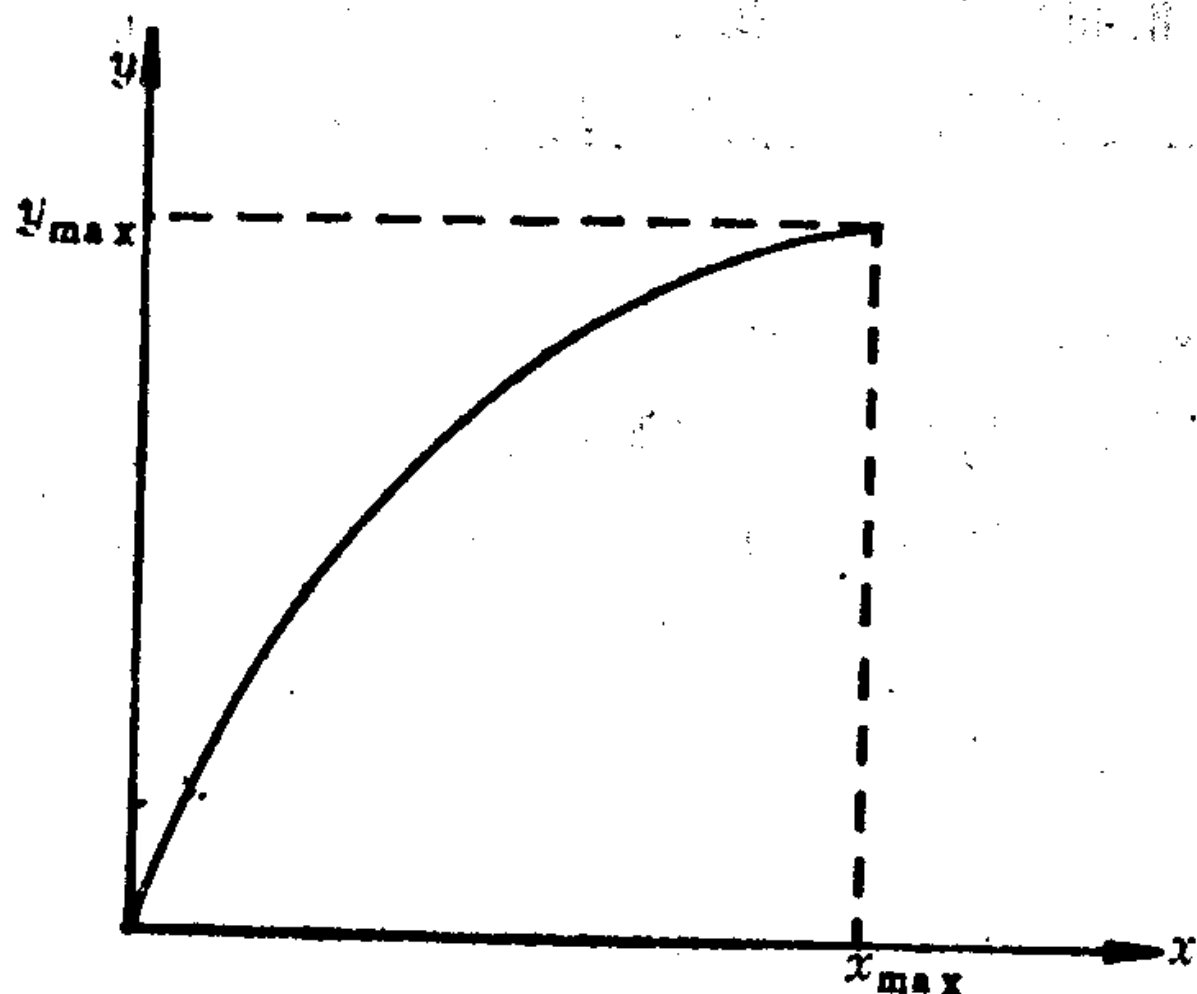


图2-4 实际曲线

为了标定和数据处理, 一般要求传感器的输出与输入成线性关系, 并能准确地反映被测量的实际值。然而, 实际使用的传感器, 其输出与输入之间并不是所要

求的线性关系，如图 2-4 所示。这就要求对实际传感器进行线性化处理，即用一条直线去逼近传感器的实际工作曲线，如图 2-5 所示。图中 a 是采用拟合误差最小的直线，而图 b 是采用通过零点和满量程点的直线。

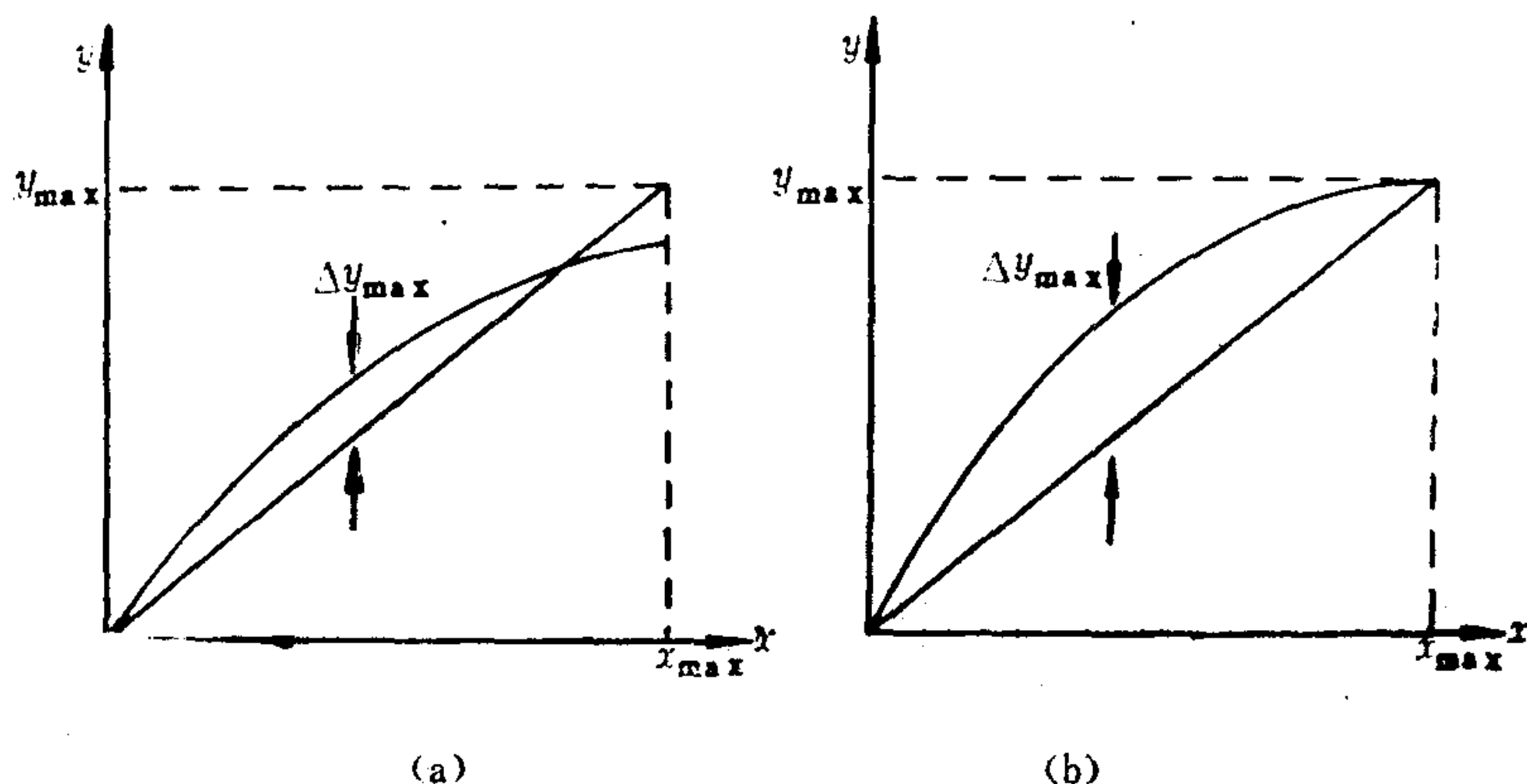


图2-5 线性化处理示意图

为了描述传感器输出-输入曲线的非线性程度，一般用所测得的输出-输入标准曲线与理论拟合直线的偏差与满量程输出平均值的百分比来表示，并称之为线性度或非线性误差。

$$\text{线性度} = (\Delta y'_{\max} / y_{\max}) \times 100\%$$

不难看出，线性度不但与传感器实测输出-输入曲线的非线性程度有关，而且与所选择的拟合直线有关。

## 5. 灵敏度

所谓灵敏度是指传感器的输出增量与输入增量之比，即

$$\text{灵敏度} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

灵敏度一般用拟合直线的斜率来表示，如图 2-6 所示。

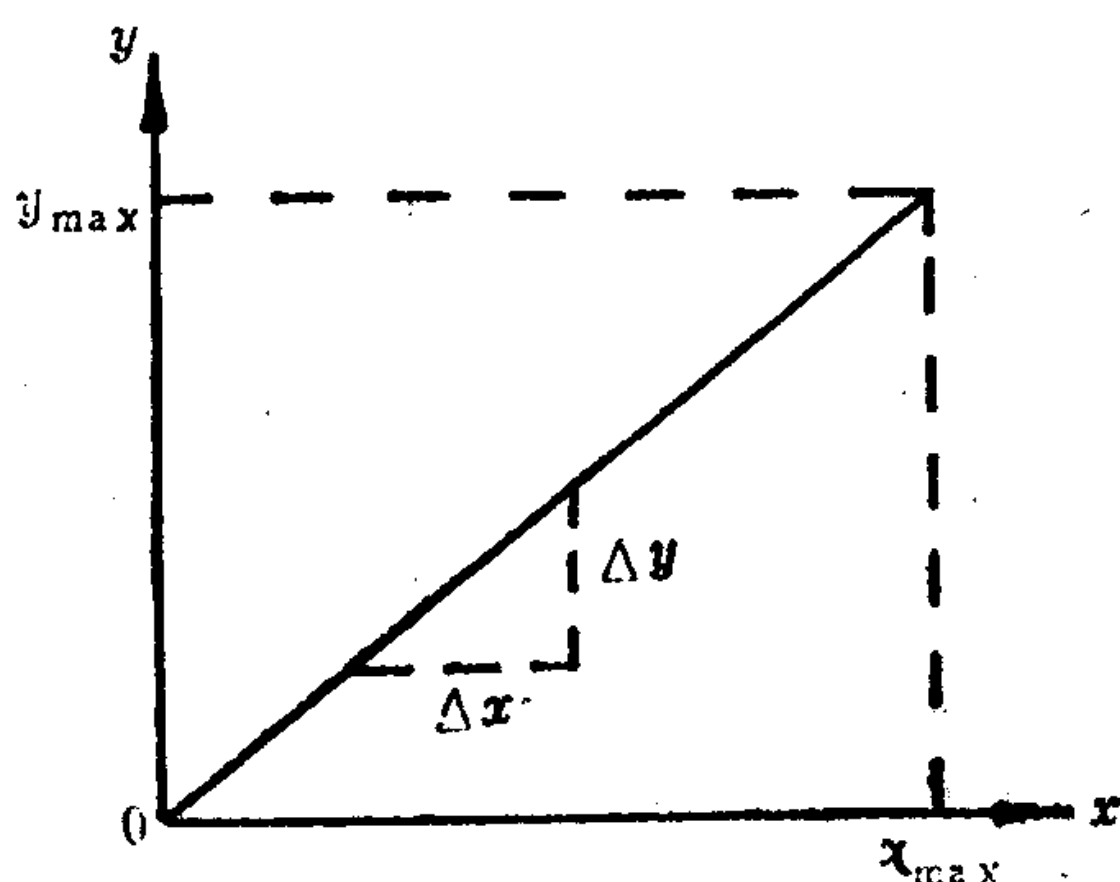


图2-6 灵敏度示意图

传感器的特性除上述输入特性、静态特性外，还有动态特性等。

## 五、传感器的供电方式

### (一) 传感器内部供电方式

传感器内部供电方式包括传感器自带整流电源和蓄电池（或干电池）两种方式。

传感器自带整流电源，体积大、重量重，并且在传感器的设置位置上，不一定好取交流电源。因此，该种供电方式在矿用传感器中很少采用。

蓄电池（或干电池）供电，需要定期对蓄电池充电（或更换干电池），维护工作量较大，只适用于能耗很小的传感器。

### (二) 传感器外部就近供电方式

矿井监控系统中的传感器一般都需要有辅助电源，并且对电源的功率要求都较高。为了满足传感器对电源功率的要求，减小传感器体积，一般都采用由系统分站电源、或电控箱、或电源箱向传感器直流供电的传感器外部就近供电方式，如图2-7所示。为了保证在短时停电的情况下，传感器仍能正常工作，在一些分站电源、或电控箱、或电源箱中还



设置一定容量的蓄电池。

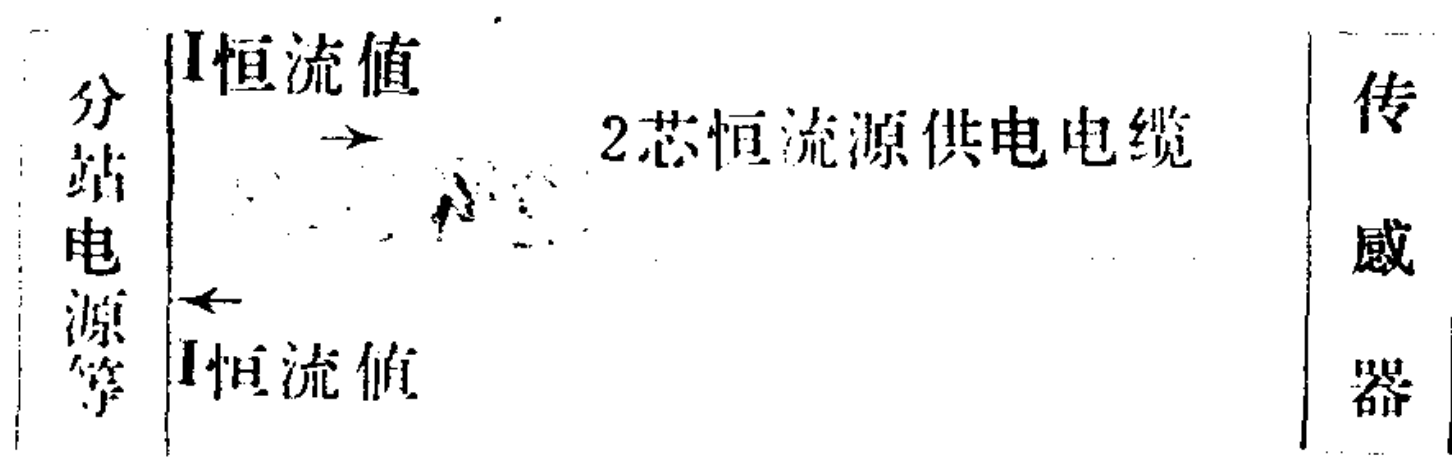


图2-7 传感器外部就近恒流源供电示意图

传感器外部就近供电可以采用恒压源供电，也可以采用恒流源供电，究竟采用什么方式取决于传感器对电源的要求。采用恒压源供电，传感器所得到的电压大小随供电电缆的长度变化而变化，也受负载波动的影响。在供电电压一定的情况下，供电电缆越长，或者传感器吸收电流越大，线路压降就越大，传感器得到的电压值也就越小。因此，采用恒压源供电的传感器一般在传感器内部又设置了二次稳压电路，以保证传感器的正常工作。采用恒流源供电，传感器所得到的电流大小受电缆长度影响较小，这是因为电缆的绝缘电阻很大。

(三) 中心站集中供电方式

为了保证在井下供电不正常的情况下，仍能对被测物理量进行监测，有的矿井监控系统采用了中心站本质安全供电方式，如图2-8所示。不难看出，在中心站集中供电方式

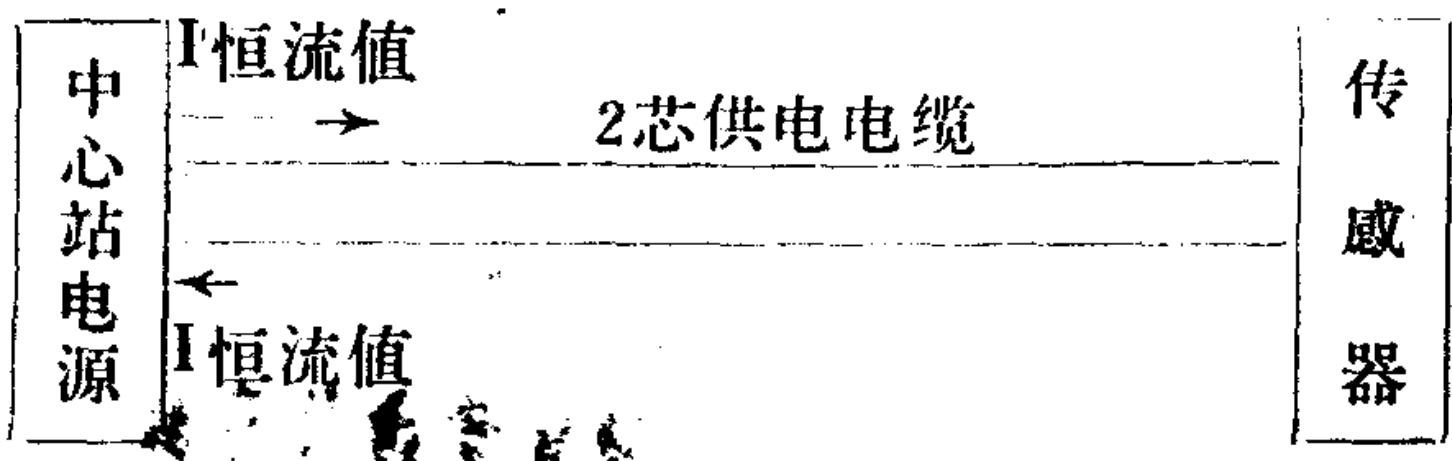


图2-8 中心站恒流源集中供电示意图

中，每一传感器都必须有一电缆与中心站相连，因此，在同

样的监控容量下，需要的电缆较多，系统投资较大，并且不便于安装维护。中心站向传感器供电，即可以采用恒流源供电，又可以采用恒压源供电，究竟采用什么方式取决于传感器对电源的要求。

## 六、传感器的信号输出方式

在矿井监控系统中，被测物理量可分为开关量和模拟量两大类。

所谓开关量就是只取两种状态的物理量，如：采掘机、运输机、水泵、风机的开停等。我们称反映开关量状态的信号为开关量信号。

所谓模拟量就是量值连续变化的物理量，如：甲烷浓度、风速、煤仓煤位等。我们称反映模拟量值大小的信号为模拟量信号。

由于开关量可看作是模拟量信号的一种特殊形式，因此，在讨论传感器的输出方式时，以模拟量信号为主。

### （一）输出方式

传感器的电信号输出方式按信号的形式可分为数字式和模拟式两种。对于模拟量传感器，由于被测量一般都是连续变化的，因此，传感器要输出数字式信号，就需要用模/数（A/D）转换电路将模拟量转换为数字量。这不但增加了电路器件，而且带来了传输上的复杂性。由于数字信号的并行传输需要较多的传输通道，一般都进行串行传输，这就需要同步电路，以便准确地判别接收。同步电路增加了接收、发送设备的复杂性。因此，模拟量传感器一般都采用模拟信号输出。

在模拟输出方式中，以电压、电流和脉冲频率信号输出方式居多（其他还有脉冲幅度、脉冲宽度等）。在一些监控