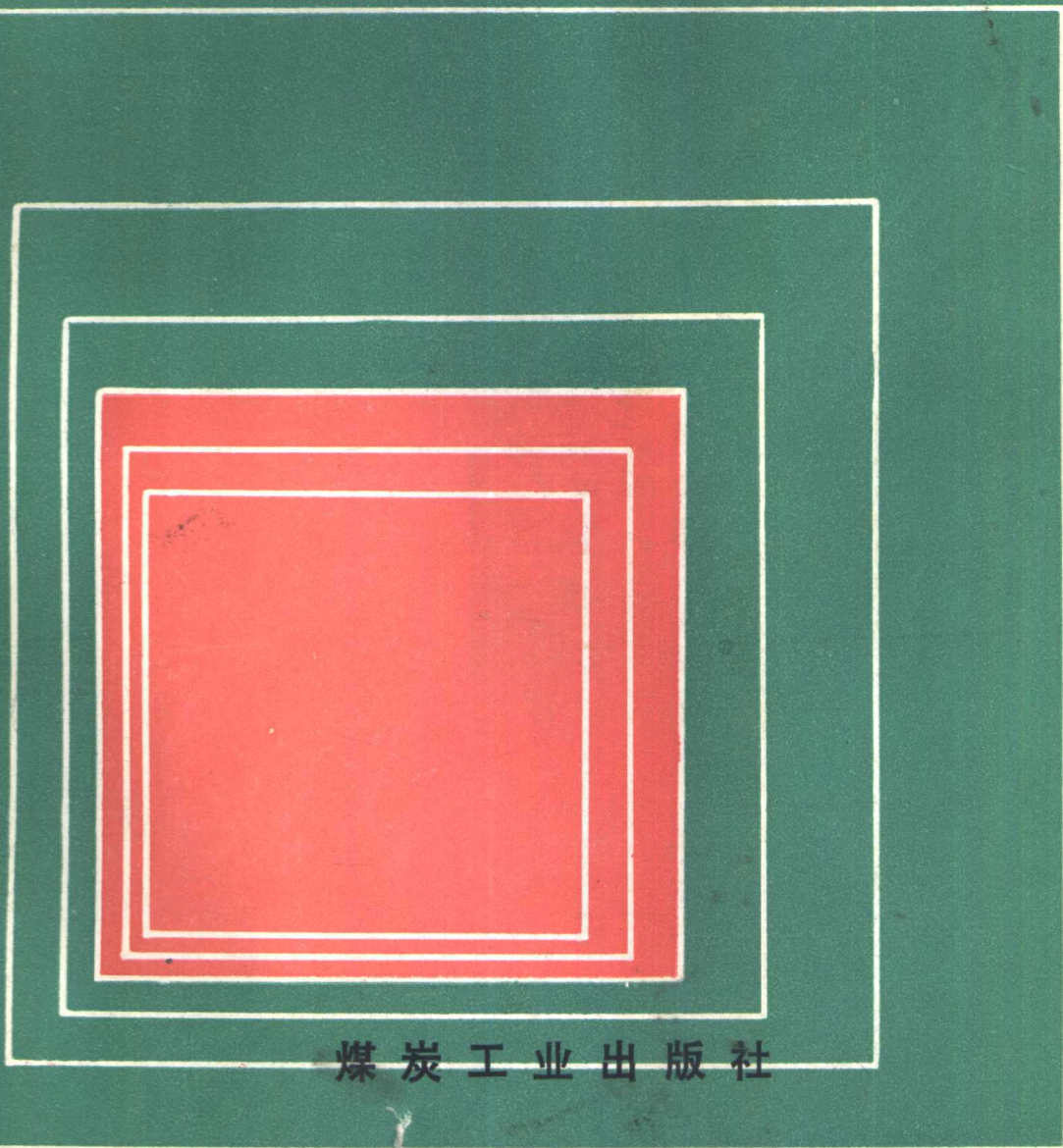


煤矿安全技术培训教材

# 煤矿安全监测技术

## 上册

刘洪 主编



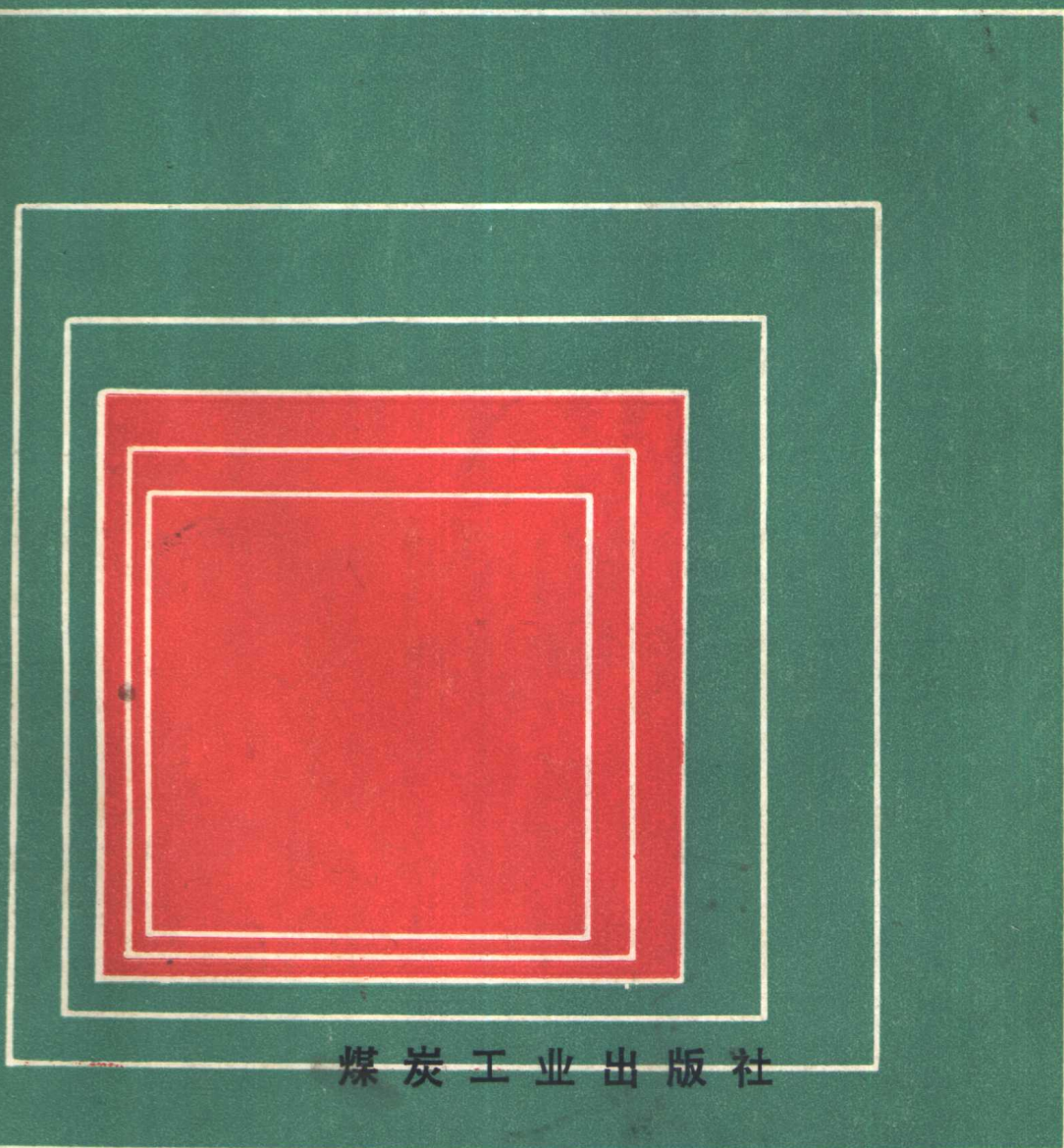
煤炭工业出版社

煤矿安全技术培训教材

# 煤矿安全监测技术

## 下册

刘洪 主编



煤炭工业出版社

封面设计：赵鸿亮

ISBN 7-5020-0760-1/TD·703

书号：3527 上下册 定价：34.00元

TD76  
-266  
1

煤矿安全技术培训教材

# 煤矿安全监测技术

上册

主 编	刘 洪			
编写人员	许如芹	毛世英	孙 凯	林基晃
	李炳阳	张志宝	袁福兴	褚东彪
	岳生录	刘 洪	冯宇光	温永宇
	耿步平	车秀文	刘庆宝	孙鸿志
	张庆春	裘建才	侯惠俭	贾柏青
审稿人员	方裕章	孙承清	荣学万	周秉章
	贾柏青	陈 林	苟兴贵	王 涛

煤炭工业出版社

煤矿安全技术培训教材

# 煤矿安全监测技术

下 册

主 编	刘 洪			
编写人员	许如芹	毛世英	孙 凯	林基晃
	李炳阳	张志宝	袁福兴	褚东彪
	岳生录	刘 洪	冯宇光	温永宇
	耿步平	车秀文	刘庆宝	孙鸿志
	张庆春	裘建才	侯惠俭	贾柏青
审稿人员	方裕章	孙承清	荣学万	周秉章
	贾柏青	陈 林	苟兴贵	王 涛

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

### 内 容 提 要

本书共分十五章,较详细、全面、系统地介绍了我国煤矿安全监测技术的基础理论,以及安全监测仪器和监控系统等方面的知识,主要介绍了矿用传感器、便携式沼气警报检测仪、瓦斯警报断电仪、沼气遥测警报断电仪、风电沼气闭锁装置,以及KJ1型矿井环境监测系统、KJ2型煤矿监控系统、KJ4型煤矿安全生产监测系统、A-I型煤矿安全监控系统、KJ-(A-1/89)型煤矿安全监控系统、TF-200煤矿集中监控系统、CMM-20M安全监测系统等的使用、维护、管理方法。

本书主要作为煤矿监测人员的培训教材,也可作为煤矿现场有关技术人员及煤炭院校师生的参考书。

煤矿安全技术培训教材  
**煤 矿 安 全 监 测 技 术**  
(上、下册)

刘 洪 主 编  
责任编辑:翟 刚

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787×1092mm<sup>1/16</sup>, 印张 44<sup>1/2</sup>, 插页 20

字数1066千字 印数1—2,950

1993年6月第1版 1993年6月第1次印刷

ISBN 7-5020-0760-1/TD·703

书号3527 D0121 定价34.00元

## 前 言

瓦斯、水、火、顶板等自然灾害及各类事故是煤矿井下生产作业的一个突出问题，它直接影响着煤炭生产的健康发展。目前煤矿事故多的一个重要原因是煤矿职工的法制观念不强，安全技术素质较低。为适应煤炭工业发展的需要，促进煤矿安全生产状况的根本好转，对煤矿在职职工实行强制性的安全技术培训是一项十分重要的战略性任务。近年来，这项工作已受到各级部门领导的普遍重视。

为配合正规的安全技术培训工作，教育局李录山、李敏英同志组织一些局、矿、安全技术培训中心和院校编写了局矿领导干部、采掘区队长、通风区队长、机电区队长、运输区队长、采区电钳工、放炮员、瓦斯检查员、测风员、提升机司机、电机车司机、安全监察员、防突人员、监测人员、井下采掘工人等类人员的安全技术培训教材，将陆续出版发行，以满足培训工作的需要。

这套教材结合各类人员的工作性质、职责，编写内容上力求通俗易懂，联系本岗位的实际工作，着重从党和国家的安全生产方针、政策、法规；安全技术基本应用知识；各类灾害事故的发生规律、预防措施和事故的处理，以及矿山救护与自救、互救等方面作为编写的基本内容。按本教材进行培训后，对煤矿职工将会增强法制观念，自觉遵守章守纪，提高安全技术水平和预防各类事故的能力，促进安全生产。

在编、审教材工作中得到有关单位的大力支持，在此表示感谢。

中国统配煤矿总公司教育局

ABE84/9

## 序 言

瓦斯爆炸和井下火灾都是煤矿中造成矿工重大伤亡、破坏生产建设最严重的事故之一。必须重点抓好瓦斯爆炸等恶性事故的防治,才能实现煤矿安全生产的好转。因此,在切实执行“安全第一,预防为主,综合治理,总体推进”的方针,全面治理各类灾害的同时,突出的是坚决依靠科技进步,坚持“装备与管理并重”的原则,控制瓦斯爆炸和井下火灾事故的发生。

为增加瓦斯监测、监控手段,从1979年以来,我们从国外引进和国内研制了煤矿瓦斯检测报警器和瓦斯监测系统。现在大部分矿井装备了瓦斯检测、遥测仪器与装置,还有200对矿井装备了煤矿安全监测系统,实现了瓦斯、一氧化碳、风速、负压、温度的自动、连续、集中监测和瓦斯超限的报警、断电,多次避免了瓦斯、火灾事故,对保证矿井安全生产起到了重要作用。

随着瓦斯检测与监测仪器、系统的推广使用,出现了一系列急待解决的问题,如不少产品质量低、性能差、寿命短;有些矿系统设计不合理,造型和测点设置不当;操作使用不好,维修管理不善,不能充分发挥监测系统功能等,主要原因是管理、操作、维修人员素质不适应。为从根本上解决存在的问题,必须从强化培训抓起,使所有专业人员会识别质量性能,会设计选型,会使用操作,会维修管理。所以,编写《煤矿安全监测技术》培训教材是当前的迫切需要。

本书几经作者反复充实修改和煤炭安全、教育、科研、现场行家们的审查,内容充实,比较详细、全面、系统地介绍了煤矿安全监测技术知识,特别突出了设备安装、调校、使用、维修与管理技术方法,具有较强的实用性,是一部好教材。希望各局、矿有关领导、工程技术人员和专业人员都要学习参考,各培训中心和有关院校积极开展对安全监测人员的培训,共同努力,为防止瓦斯和火灾事故,保证安全生产做出贡献。

赵全福

一九九二年四月



## 编 者 的 话

为认真贯彻“安全第一、预防为主”的方针，实现煤矿安全状况的根本好转，近几年来，全国很多局、矿都装备了安全自动监测仪器和系统。这些仪器和系统在安全生产中发挥了重要作用，多次避免了重大瓦斯事故的发生，已成为保证煤矿安全生产，防止瓦斯事故发生的重要手段，深受广大煤矿干部、工人的信任和欢迎。但是，也有部分局、矿对这些先进的仪器和系统使用得不好，没有充分发挥其效益，其原因之一是局、矿从事这方面工作的部分同志的基础知识差，对这些仪器和系统不熟悉。为此，我们编写了这本书。

煤矿安全监测仪器和系统涉及的知识面较宽，内容较多，不仅能监测井下生产环境、设备运行状态，还能实现远距离控制。由于对煤矿威胁最大的还是瓦斯爆炸事故，因此，本书重点介绍瓦斯自动监测仪器和系统。

考虑到目前煤矿人员素质和实际工作需要，本书除比较全面、系统、由浅入深、理论联系实际地介绍了我国煤矿安全监控技术外，还突出地介绍了国内生产的安全监控仪器和系统的安装、调试、使用、维修、故障处理等方面的知识，注重实用性和针对性。

本书在编写过程中得到中国统配煤矿总公司教育局和安管理局的大力支持，以及北京煤炭管理干部学院分院、航空航天工业部北京测控技术研究所、东煤公司安全培训中心、海南煤矿安全仪器厂、抚顺煤矿安全仪器厂等单位及有关同志的帮助和关心，在此表示感谢。

由于编写人员水平有限，时间仓促，欠妥之处在所难免，诚恳希望广大读者批评指正。

# 目 录

前 言

序 言

编者的话

<b>第一章 矿用传感器</b> .....	1
第一节 传感器的基础知识 .....	1
第二节 信号处理与变换 .....	8
第三节 矿用沼气传感器 .....	20
第四节 风速传感器和流量传感器 .....	35
第五节 一氧化碳 (CO) 传感器.....	45
第六节 其他传感器 .....	54
<b>第二章 便携式沼气警报检测仪</b> .....	64
第一节 概述 .....	64
第二节 模拟式沼气警报检测仪 .....	68
第三节 数字式沼气警报检测仪 .....	79
第四节 其他沼气检测仪 .....	99
第五节 电源 .....	108
<b>第三章 瓦斯警报断电仪</b> .....	117
第一节 概述 .....	117
第二节 AWD—3型瓦斯警报断电仪.....	122
第三节 AK201A型瓦斯警报断电仪 .....	137
第四节 其他瓦斯警报断电仪 .....	152
<b>第四章 沼气遥测警报断电仪</b> .....	178
第一节 概述 .....	178
第二节 模拟式沼气遥测警报仪 .....	182
第三节 数字式沼气遥测警报仪 .....	249
<b>第五章 风电沼气闭锁装置</b> .....	288
第一节 概述 .....	288
第二节 BFDZ11型风电沼气闭锁装置 .....	289
第三节 FDZB—1型风电沼气闭锁装置.....	312
第四节 风电沼气闭锁系统接线图 .....	321
<b>第六章 沼气监测仪器的应用与管理</b> .....	328
第一节 监测仪器的安装 .....	328
第二节 仪器运行调校、维护与停用后的拆卸、保养 .....	336
第三节 日常管理 .....	338
第四节 标准甲烷气样的使用与制备 .....	347

# 第一章 矿用传感器

要实现煤矿工业现代化生产和安全自动化,必须使用检测技术与装置,对煤矿井下工作场所的环境参数(沼气浓度、风速、风量、CO、CO<sub>2</sub>、温度、粉尘、矿压等)进行连续监测,以防止和减少各种灾害;同时,对生产环节中的设备进行监测,对事故进行预报和趋势分析,将事故消灭在萌芽阶段。可以说,检测技术与装置是煤矿工业自动化系统的“感觉器官”。

在检测与转换技术中,普遍利用电子测量仪器对不同的物理量进行检测与转换。一个简单的电子测量仪器主要由三部分组成:传感器、测量电路、显示电路。在不需要显示电路的保护、计量、控制系统中,显示电路可以被执行机构所代替。

## 第一节 传感器的基础知识

### 一、信息的传递形式

在检测与转换技术中,检测的每一个信息都具有一定的内容和含义。表示同一信息,可以有不同性质的特征信号。例如:在煤矿安全监测系统中,井下工作场所中的沼气浓度是一种信息,可以借助于不同的传感器和测量电路,用各种不同的电信号(电流、电压、频率、相位、直流、交流等)来表示。当然,一些非电量(光通量、声波等)也可以表征信息。由于电信号易于转换、处理、传输,因此一般煤矿安全监测系统均以标准电信号作为监测系统的统一特征信号。

标准电信号便于电子测量仪器系列化、标准化、积木化。标准信号是由国家(或国际电工委员会)规定广泛使用的一种信号标准。

我国煤矿监控系统信号标准规定如下:

#### 1. 开关量信号

(1) 有源输出:输出高电平情况下的拉出电流: $I_{\text{出}} = 2\text{mA}$ 时,输出电压 $U_{\text{出}} \geq +3\text{V}$ ;输出低电平情况下的灌入电流: $I_{\text{入}} = 2\text{mA}$ 时,输出电压 $U_{\text{出}} \leq 0.5\text{V}$ ;

(2) 无源输出:输出接点断开时,两输出端漏电阻不应小于 $100\text{k}\Omega$ ;输出接点闭合且灌入电流 $I_{\text{入}} = 2\text{mA}$ 时,输出电压 $U_{\text{出}} \leq +0.5\text{V}$ ;

(3) 不论有源或无源输出,短路电流和灌入电流均不得大于 $20\text{mA}$ 。

#### 2. 模拟量信号

(1) 直流模拟量信号:1~5mA(优先选用);

(2) 直流模拟量信号:4~20mA(限于地面);

(3) 频率模拟量信号:200~1000Hz(优先选用);

(4) 频率模拟量信号:5~15Hz。

#### 3. 累计量信号

累计量宜采用脉冲的形式传输,每个脉冲代表被测量的单位值,对一种被测量应是一个常数;正、负脉冲宽度均不应小于 $0.3\text{s}$ ,且正、负脉冲所用的转换时间不应大于 $5\text{ms}$ 。

从信号的连续性分类，信号的表示方法可以分为模拟信号、数字信号（开关信号、数码信号）和调制信号。

工业控制与监测过程中，大多数传感器输出的是模拟信号。模拟信号在时间上是连续的，利用模拟电子线路对其进行处理、变换和传输。煤矿井下作业地点的环境参数（沼气浓度、CO浓度、风速、煤尘、温度、压力等）都是连续变化的信息，所以监测这些参数的传感器输出的大多是模拟信号。

当被测信号的变化幅值的大小用两种状态或两个数值范围表示时称为开关信号。开关信号是不连续信号，井下各种设备、设施的工作状态大多数为开关信号，例如：采煤机的开动与停止，局扇的停与开，井下风门的开与关等。

另外一种不连续信号是数码信号。数码信号可以根据不同的编码规律代表一个特定的离散信号。模拟信号的数字化测量过程是：根据抽样定理，利用周期自动采样开关，将模拟信号转化为离散信号，通过量化、编码将离散信号转换成数码信号，并对数码信号进行测量、传输，从而完成整个测量过程。

调制信号是以连续—不连续方式表现的。一个正弦波信号（ $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ ）中的幅值 $U_m$ 、相角 $\varphi$ 、频率 $\omega$ 都可以受调制信号的调制，从而形成三个不同形式的调制信号，即调幅波、调频波、调相波。调制信号的复原过程叫解调。任何一个复杂的数据传输系统都存在调制与解调过程。

煤矿安全监测系统中信号的产生、转换、传递形式如图1-1所示。井下各种待测信息（CH<sub>4</sub>、CO、风速、温度、局扇与风门开关状态等）通过传感器转换成电信号，再经过转换电路变换成标准电信号，然后进行就地显示或通过数据传输装置传送到地面监测中心进行信息处理（显示、记录、计算、趋势分析等）。井下门限电路根据预置门限值，对传感器输出进行比较判断，超过允许门限值（允许状态）时，发出控制信号，切断影响区域电源。井上计算机发出的控制信号，经过数据传输装置送到井下断路器，也可以对井下机电设备进行选择控制。

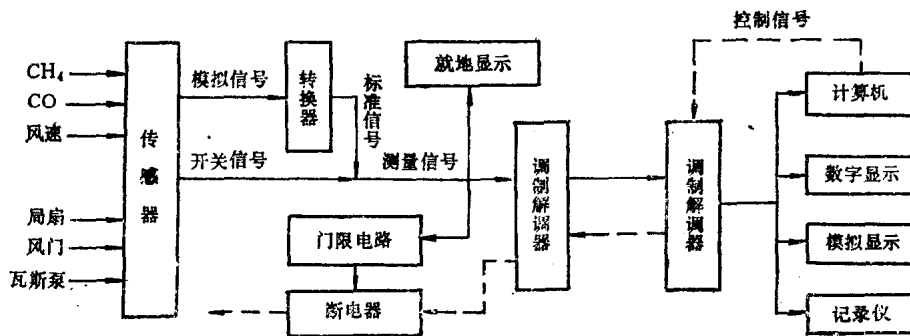


图 1-1 安全监测系统信号流通示意图

## 二、传感器的基本概念与定义

### 1. 传感器的定义与组成

传感器是电子测量仪器的核心。它是借助于检测元件（又称传感元件、传感头）接受物理量形式信息（一般为非电量），并按一定规律将它转换成同种或别种物理量形式信息

的仪器，通常又称变换器、变送器、换能器等。检测元件接受的物理量称为被测参数，或称被测量。

传感器一般由检测元件、前置测量和转换电路等组成，有时还包括电源。传感器有的很简单，有的很复杂；有的是带反馈的闭环系统，有的是不带反馈的开环系统。

检测元件是直接与被测量接触，并输出与被测量成一定关系的、便于测量的其他量的一种元件。一般，检测元件输入为非电量，输出为电量（称直接变换）；有时其输出仍为非电量，不过，经过变换后的非电量容易变换成电量（称间接变换）。

测量电路能够将检测元件输出的电信号变换为便于显示、记录、控制、处理的标准电信号。测量电路的选取视传感器检测元件的性质而定，如对于输出量为电参量  $R$ 、 $C$ 、 $L$  的检测元件，一般较多选用检测电桥电路；而输出量为电势、电流、频率等，则可直接进行放大、处理。测量电路的复杂程度由检测元件与测量条件及要求而定。

各种传感器所测得的电量信号不仅随被测量变化，而且还与被测对象的物理化学属性以及周围介质的物理属性有关，如温度变化、电压波动干扰等。凡属这类影响，在测量时必须进行补偿。

## 2. 传感器的分类

传感器的种类很多，分类方法也不少。例如，按被测量的不同分类有：速度传感器、压力传感器、温度传感器、浓度传感器等；按构造原理的不同分类有：电阻式、磁阻式、热电式及特殊检测方式（如同位素、超声波、红外线等）的传感器；若按输出信号的不同分类有：模拟量输出传感器、数字量输出传感器。

煤矿井下环境监测用传感器的种类也很多，但常用的主要有以下几种：沼气传感器、风速传感器、CO传感器、温度传感器、流量传感器、压力传感器、氧气传感器、模拟烟雾传感器、粉尘（煤尘）传感器、开关状态传感器等。

## 3. 传感器的性能指标

传感器质量的好坏，一般通过以下几个性能指标来表示：

(1) 量程：传感器测量上限与下限的代数差。例如：某压力传感器，下限为  $-10\text{N/cm}^2$ ，上限为  $90\text{N/cm}^2$ ，则该传感器的量程为  $100\text{N/cm}^2$ 。

(2) 测量范围：传感器能按规定精度进行测量的上限至下限之间的区间。上例中压力传感器的测量范围为  $-10\sim 90\text{N/cm}^2$ 。

(3) 灵敏度：传感器输出量的变化值与相应的被测实际量的变化值之比。

无论多复杂的传感器，都是由检测元件和一些中间元器件构成，任何一个元件的特性都可用典型环节特性所描述。传感器作为一个整体电气元件，在稳定状态下用灵敏度来描述其特性的好坏，以下式表示：

$$k = \Delta y / \Delta x \quad (1-1)$$

式中  $k$  ——传感器的灵敏度；

$\Delta y$  ——输出被测量的变化值；

$\Delta x$  ——输入被测量的变化值。

传感器的灵敏度又称传递系数。如果输入为干扰量，则对应此干扰量的输出量称为干扰响应，输入输出干扰变化量之比称为干扰灵敏度。

(4) 稳定性：在规定的工作条件和时间内，传感器性能保持不变的能力。

(5) 分辨率：传感器可能检测出的被测信号的最小增量。

(6) 误差：指被测量指示值与真值之间的差。

(7) 重复性：在同一工作条件下，对被测量的同一数值在同一方向上进行重复测量时，测量结果的一致性。

(8) 线性度：线性传感器的校准曲线逼近一条直线的密合程度。

(9) 过载能力：表示传感器在不致引起规定性能指标永久改变条件下，允许超过测量范围的能力。一般用允许超过测量上限（或下限）的被测量值与量程的百分比表示。

#### 4. 传感器的工作特性曲线

传感器的转换工作特性曲线是指传感器自然输入量  $x$  与输出量  $y$  之间一一对应的关系曲线，也称灵敏度曲线。性能优越的传感器（理想传感器）的特性曲线应严格呈线性关系，即符合下列关系表达式：

$$y = kx + C \quad (1-2)$$

式中  $k$  —— 传感器的灵敏度；

$C$  —— 输出量的初始值。

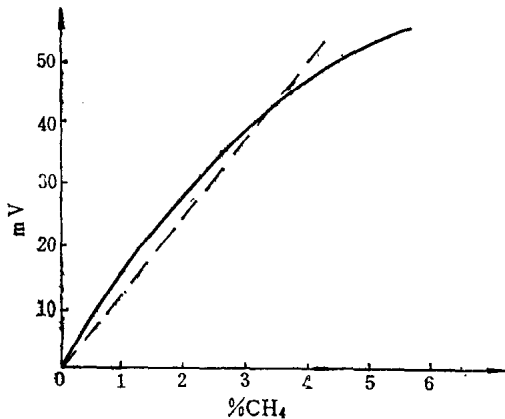


图 1-2 WZJ—1型甲烷传感器特性曲线图

但是，由于传感器受几何结构、检测元件电参数、外界干扰及工作原理等因素的影响，实际传感器的特性曲线都呈一定的非线性。

因为常用测量仪器的数据处理、放大、变换等电路的工作特性为线性方式，所以要求对传感器工作特性曲线进行线性处理，即用一条或几条理想特性曲线（直线）代替实际特性曲线；同时满足一定的误差要求，即因线性的处理造成的全量程范围内误差的均方根值应最小。

图1-2为WZJ—1型甲烷传感器特性曲线

示意图。图中，虚线为理想特性曲线，实线为实际工作特性曲线。

#### 5. 对矿用传感器的一般要求

根据煤矿井下的特殊条件，对煤矿安全监测传感器有如下具体要求：

- (1) 输入与输出之间有一定的函数关系，经常是单值线性关系；
- (2) 较高的灵敏度、精度，安装方向对检测精度影响小，且有较快的反应速度；
- (3) 特性曲线的重复性和随时间变化的稳定性好；
- (4) 抗干扰能力强，机械、热、电的过载稳定性好；
- (5) 防潮、防爆、体轻、坚固、耐用。

### 三、误差

#### 1. 误差概念及分类

监测仪器的质量或测量结果的好坏，可以用测量误差的大小来衡量。用测量仪器对被测信号进行测量时，仪器指示值与真值（实际值）之间的差值称为测量误差。造成测量误差的原因是多方面的，可按其不同特性对误差分类如下：

### 1) 装置误差与方法误差

由于监测仪器（传感器、测量电路、数据传输通道、显示仪表等）本身质量不高而产生的误差叫装置误差。例如：用沼气监测仪器监测沼气浓度时，风流中实际沼气浓度为 $1\%CH_4$ ，而仪器指示值为 $0.8\%CH_4$ ，则监测仪的装置绝对误差为 $0.2\%$ 。

由于对测量方法研究不够或选取不当而引起的误差叫方法误差。例如：用测量风速的方法测量巷道通风量时，由于巷道平均风速点随时间、地点而变化，所以利用风速传感器测量点风速计算通风量 $Q$ 时就会产生误差，此误差即为方法误差。

### 2) 基本误差和附加误差

任何一种监测仪器都工作在复杂多变的环境条件下，外界因素（温度、大气压、湿度、振动、电磁场、电源波动等）的变化对测量精度影响很大。监测仪器在理想条件下产生的误差称为基本误差。由于现场条件、时间等的变化而产生的误差称为附加误差。例如：WZJ—1型甲烷传感器允许的环境条件：相对湿度小于 $98\%$ ，电源电压波动不大于 $\pm 10\%$ 。在此条件范围内，传感器基本误差不大于 $\pm 0.2\%CH_4$ ；如果相对湿度达到 $100\%$ ，仪器误差将达到 $\pm 0.5\%CH_4$ ，则由于工作地点相对湿度增大而产生的附加误差为 $\pm 0.3\%CH_4$ 。

### 3) 系统误差和随机误差

凡误差的数值固定或按一定规律变化的部分称为系统误差。它又分为恒值误差和变值误差。前者不随时间变化，后者是时间函数。变值误差随时间和工作条件而发生有规律的变化。每次对监测仪器进行校正时，可以对变值误差予以校正。

系统误差决定了测量结果的准确性，系统误差越小，测试结果越准确。

随机误差又称为偶然误差，它是由于大量偶然因素的影响而引起的测量误差。它的大小和性质都难以估计。

### 4) 绝对误差和相对误差

绝对误差是指测量仪器指示值与实际值之间差值的绝对值。绝对误差的计算公式为：

$$\Delta = |x - A| \quad (1-3)$$

式中  $\Delta$ ——绝对误差；

$x$ ——测量仪器指示值；

$A$ ——实际值（真值）。

相对误差的定义为：绝对误差与约定指示值之比。由于选取的约定指示值不同，相对误差又分为实际相对误差、标称相对误差、引用相对误差。在实际使用中，多用引用相对误差。

例如：有一满刻度 $100A$ 的电流表测量某电路电流，指示值为 $41A$ ，实际值为 $40A$ ，则有：

$$\text{绝对误差：} \Delta = 41 - 40 = 1A$$

$$\text{实际相对误差：} S_1 = \frac{1}{40} \times 100\% = 2.5\%$$

$$\text{标称相对误差：} S_2 = \frac{1}{41} \times 100\% = 2.4\%$$

引用相对误差： $S_s = \frac{1}{100} \times 100\% = 1\%$

在检测与转换技术领域，误差的主要分类除有以上几种外，测量误差还可以分为静态误差、动态误差、视觉误差、相加误差、相乘误差等。

## 2. 测量精度

衡量一个监测仪器的质量，检查其转换结果的好与坏，常用测量精度来表示。精度包括精密度和准确度。

精密度是指测量结果的重复一致性。在同一条件下，重复测量多次所得到的测量结果应该基本相等或相等。随机误差的大小是衡量精密度的标志。精密度高，意味着随机误差小。

准确度是说明指示值与实际值之间的偏离程度。系统误差是衡量准确度的标志。准确度高，意味着系统误差小。

测量精度是监测仪器准确与精密的综合反映。精度高，意味着测量仪器系统误差与随机误差均较小。所以，监测仪器应力求减少系统误差和随机误差。

采取必要的技术防范措施，是消除测量误差、提高测量精度的主要途径。常见的提高测量精度的方法是：改进制作工艺，保证仪器的稳定性；采用主动、被动保护手段，消除内外各种干扰；对随机误差进行统计处理，得出大致的变化规律，加以修正。

## 3. 非线性误差及校正

监测仪器的非线性误差是由于仪器的转换特性曲线非线性引起的，它是系统误差的主要部分。要提高测量精度，扩大测量范围，就应尽量消除或减少系统非线性误差。

传感器的非线性误差取决于转换特性曲线的非线性、传感器的工作原理、几何结构、电参数、外界因素干扰、测量电路等决定了传感器的非线性误差。传感器定型之后，非线性误差已经确定，为了消除系统误差，可在测量电路中选取一定的校正方法。常用的非线性误差校正方法有如下几种：

### 1) 制定修正表或修正曲线

如果传感器的非线性误差在时间上是稳定的，则可以用列表法或曲线法表示传感器的工作特性。利用这种表格或曲线可以将非线性指示值转换成与被测量的实际值成比例的数值。图1-3中所示的叶轮风表校正曲线就属于这种校正方法。图中，横坐标为风表指示，纵坐标为实际风速。显然，当风表指示为10m/s时，实际风速为13m/s。

### 2) 利用模拟指示仪表的刻度非线性，消除非线性误差

CMI—667P型低浓甲烷传感器的工作特性曲线如图1-4所示。假如传感器配接的CMM—20M集中监测系统的传输显示误差为零，则传感器的非线性误差可以利用指示仪表的非线性刻度加以消除。图1-5所示为CMM—20M指示刻度盘。由图中可以看出：当沼气浓度为2%CH<sub>4</sub>时，CMM—20M输出50μA，如果表盘刻度呈线性分布，则指示应为2.5%CH<sub>4</sub>，非线性误差为0.5%CH<sub>4</sub>。由于表盘刻度已是非线性分布，则自动地修正了这一误差。

利用指示仪表刻度非线性消除非线性误差的方法仅限于模拟指示仪表、记录仪，对于数字显示则很难实现。

### 3) 选择合适的理想特性曲线，减少非线性误差



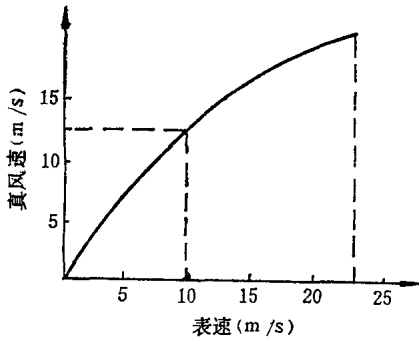


图 1-3 叶轮风表校正曲线

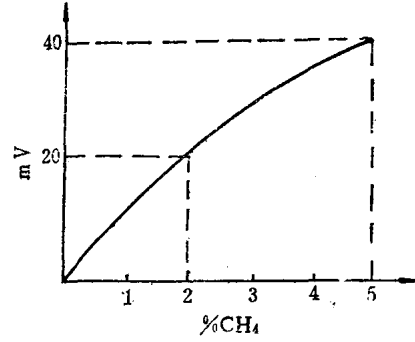


图 1-4 CMI-667P型甲烷传感器工作曲线

一般情况下，传感器的测量电路是具有线性变换功能的电子线路。测量电路视检测元件的转换特性为一条理想特性曲线。如果对测量线路变换特性进行适当调整，使理想特性曲线选择在最佳位置，则可以减少非线性误差。图1-6中的实线为WZJ-1C型甲烷传感器实际特性曲线，虚线为理想特性曲线。通过调整甲烷传感器前置放大器的放大倍数或调整检测电桥的灵敏度电位器，可以使理想特性曲线位于1、2、3的位置上。显然，第一种情况，非线性误差集中在3%~4%CH<sub>4</sub>范围。第三种情况，非线性误差集中在1%~3%CH<sub>4</sub>范围。这两种情况非线性误差比较集中，且在全测量范围内，误差积累大，不合理。第二种情况，最大非线性误差较小，在整个测量范围内，非线性误差分布均匀，所以传感器的理想特性曲线选在这一位置比较合理。

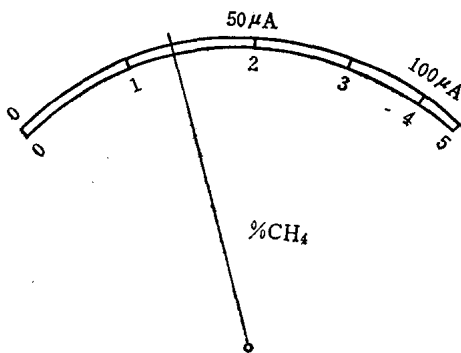


图 1-5 CMM-20M指示刻度盘

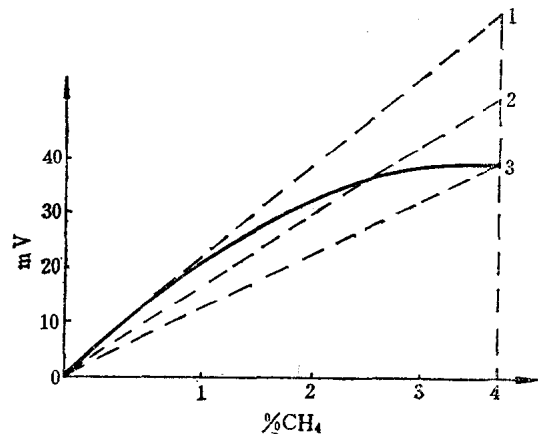


图 1-6 WZJ-1C型甲烷传感器特性曲线

在沼气传感器标定时，应用这种修正方法，可以保证传感器非线性误差最小。例如：WZJ-1型甲烷传感器的测量范围为0~4%CH<sub>4</sub>，这时选用的标准沼气气样应在2%~2.5%CH<sub>4</sub>之间。如果调整传感器，使指示值与实际值相等，则调整完毕后传感器非线性误差最小。

#### 4) 自动切换量程，减小非线性误差

这种校正方法的实质就是：在实际转换特性曲线线性化时，用一条折线或两条以上的理想特性曲线代替原来的一条理想特性曲线，并保证转换特性曲线在全量程内的单值性。