

普通高等教育“十二五”规划教材

高等院校安全工程专业教材

安全监测监控原理

主编 秦宪礼

 煤炭工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

安全监测监控原理

主 编 秦宪礼

副主编 沈 斌 刘新蕾

煤炭工业出版社

·北 京·

图书在版编目 (CIP) 数据

安全监测监控原理/秦宪礼主编. --北京:煤炭工业出版社, 2015

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5020-4710-8

I. ①安… II. ①秦… III. ①安全监测—高等学校—教材②安全监控—高等学校—教材 IV. ①X924

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 272621 号

安全监测监控原理(普通高等教育“十二五”规划教材)

主 编 秦宪礼
责任编辑 闫 非
编 辑 张 成 彭 竹
责任校对 李新荣
封面设计 晓 杰

出版发行 煤炭工业出版社(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010-84657898(总编室)
010-64018321(发行部) 010-84657880(读者服务部)
电子信箱 cciph612@126.com
网 址 www.cciph.com.cn
印 刷 北京玥实印刷有限公司
经 销 全国新华书店

开 本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 15¹/₄ 字数 354 千字
版 次 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷
社内编号 7565 定价 29.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010-84657880

内 容 提 要

本书以安全监测监控系统的构成为主线，共分10章，系统阐述了安全监测监控的基础理论、技术原理和监控方法等内容。

本书可作为安全工程、采矿工程、工业设计、自动化控制和工业自动化等专业本科生的教学用书，也可供从事安全监测监控系统研究、设计、工程安装和应用等方面科研人员、工程技术人员参考。

前 言

近年来，随着材料科学、传感器技术的发展，尤其是电子信息技术的飞速发展，监测监控技术迎来了创新发展的新机遇，它广泛应用于现代化工业和日常生活的诸多方面。监测监控系统作为一种安全预防技术设施应用到工业生产和社会生活中时，通过对环境状态参数、安全信息的监测和监控，来实现安全性分析和预测的自动化、准确化和及时化，并给予必要的预警和控制，对有效减少事故隐患、预防和控制重大事故的发生、保障国民经济与社会的可持续发展具有重要的现实意义。

本书以安全监测监控系统的构成为主线，以系统的组成、结构及工作原理为重点，分析和讨论应用于煤矿的安全监测监控系统——从传感器、检测技术到数据的采集、传输、处理、输出，系统管理，设计施工等，着重讨论系统的组成、结构及工作原理。了解、熟悉或掌握长期处于危险作业环境（煤矿井工开采）中的安全监测监控系统的基本概念、基本原理和基本方法，就会比较容易了解和掌握其他工矿企业作业环境的安全监测监控系统。

本书由黑龙江科技大学秦宪礼任主编，黑龙江科技大学沈斌、刘新蕾任副主编。具体分工如下：秦宪礼编写第一章、第五章、第六章，沈斌编写第二章、第三章，刘新蕾编写第七章、第十章；河北联合大学董宪伟、徐佳编写第四章、第八章；内蒙古科技大学任玉辉编写第九章。秦宪礼审阅全书。

在编写过程中，参考并引用了大量已有教材和文献资料，在此向这些作者致以诚挚的谢意。另外，黑龙江科技大学研究生张林、徐贤振、程可桥等参加了本书的资料整理工作，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中可能存在错误和不妥之处，敬请读者提出宝贵意见。

编 者

2014年7月

目 次

第一章 安全监测监控系统概述	1
第一节 安全监测监控系统基本概念	1
第二节 安全监测监控系统技术指标	6
第三节 安全监测监控系统发展和应用	9
复习思考题	14
第二章 传感器与检测技术基础	15
第一节 传感器基本理论	15
第二节 检测的基本概念	21
第三节 误差分析	24
第四节 检测系统	35
复习思考题	37
第三章 矿井环境状态参数检测	38
第一节 矿井空气成分检测	38
第二节 温度检测	51
第三节 湿度检测	55
第四节 风速测量	57
第五节 压力测量	60
第六节 烟雾传感原理	62
复习思考题	64
第四章 矿井生产系统工况参数检测	65
第一节 风门开停状态监测	65
第二节 机电设备开停状态检测	66
第三节 煤仓储煤位置检测	67
第四节 煤炭运量检测	69
第五节 采煤机组位置传感器	72
复习思考题	73
第五章 数据采集技术	74
第一节 数据采集系统的基本构成	74

第二节	数据采集基本电路	77
第三节	信号变换电路	82
第四节	数据采集方法	93
第五节	虚拟仪器信号采集技术	98
	复习思考题	103
第六章	数据通信技术	104
第一节	数据通信基础	104
第二节	数字信号的基带传输	114
第三节	数字信号的频带传输	120
第四节	煤矿井下无线通信	126
第五节	信道的多路复用	136
	复习思考题	143
第七章	执行机构驱动原理	145
第一节	概述	145
第二节	安全监测监控系统驱动器件	146
第三节	执行机构的驱动	153
	复习思考题	156
第八章	监测监控网络基础	157
第一节	监测监控网络概述	157
第二节	监测监控网络技术基础	158
第三节	监测监控网络与现场总线	168
第四节	典型现场总线技术	169
第五节	以太网技术	172
	复习思考题	174
第九章	监测监控系统管理	175
第一节	安全监测监控数据的查询与处理	175
第二节	监控信息远程管理与辅助决策	189
第三节	监测监控系统可靠性分析	193
	复习思考题	202
第十章	监测监控系统设计与施工	203
第一节	监测监控系统设计概述	203
第二节	监测监控系统的总体方案设计	206
第三节	监测监控分站设计	209
第四节	监测监控系统软件设计	212

第五节 监测监控系统的集成.....	219
第六节 监测监控系统的安装与维护.....	221
复习思考题.....	231
参考文献.....	232

第一章 安全监测监控系统概述

人类在认识世界和改造世界的过程中，一方面需要采取各种方法获得反映客观事物的量值，即需要对描述被控对象特征的某些参数进行“检测”，获得表征它们的有关信息，以便对被测对象进行定性了解和定量掌握，这种操作称为测量或检测；另一方面也需要采取各种方法支配或约束某一客观事物的进程结果，即根据检测的结果采用一定的策略去“控制”用于描述被控对象特征的某些参数，以便能稳定、快速、准确地达到人们预想的目标，这种操作称为控制。

“检测”与“控制”是人类认识世界和改造世界的两项工作任务，而监测监控系统则是人类实现这两项任务的工具和手段。

监测监控系统是融计算机技术、通信技术、控制技术和电子技术为一体的综合自动化产品，它包括各种数据采集和处理系统、自动测量系统、生产过程控制系统等，被广泛用于航空、航天、核科学研究、工厂自动化、农业自动化、实验室自动测量和控制以及办公自动化、商业自动化、楼宇自动化、家庭自动化等人类活动的各个领域。当将其作为一种安全预防技术设施应用到工业生产和社会生活中时，就称其为安全监测监控系统。安全监测监控系统是国内外各个行业都能应用到的一种预防安全事故的综合性技术产品，通过对环境状态参数、安全信息的监测和监控，来实现安全性分析和预测的自动化、准确化和及时化，并给予必要的预警和控制。例如，楼宇安全监测通信系统等。

我国工业安全事故中，煤炭工业的安全事故较为频发且性质严重，尤其以生产矿井瓦斯爆炸事故最为突出。为此，国家安全生产监督管理部门专门制定了“先抽后采、监测监控、以风定产”的十二字指导方针。同时，《国务院关于进一步加强企业安全生产工作的通知》（国发〔2010〕23号）中，要求煤矿井下建设安全避险“六大系统”（监测监控系统、人员定位系统、紧急避险系统、压风自救系统、供水施救系统和通信联络系统）。本书以煤矿安全监测监控系统为对象，叙述安全监测监控系统的组成、工作原理、工作方法及其对煤矿安全生产的重要作用。

第一节 安全监测监控系统基本概念

一、监测监控系统定义

所谓监测监控，就是利用传感器将被监控对象中的物理参量（如温度、压力、液位、速度等）转换为电量（如电压、电流），再将这些代表实际物理参量的电量送入输入装置中转换为计算机可识别的数字量，并且在计算机的显示器中以数字、图形或曲线的方式显示出来，从而使操作人员能够直观而迅速地了解被监控对象的变化过程。除此之外，计算机还可以将采集到的数据存储起来，随时进行分析、统计和显示并制作各种报表；如果还需要对被监控的对象进行控制，则由计算机中的应用软件根据采集到的物理参量的大小和

变化情况与工艺要求的设定值进行比较判断，然后在输出装置中输出相应的电信号，推动执行装置（如调节阀、电动机）动作从而完成相应的控制任务。

监测监控系统就其功能而言，一是“测”（即检测被控变量），二是“控”（即根据检测参数去控制执行机构）；就其技术而言，监测监控系统是传感器技术、通信技术、计算机技术、控制技术、计算机网络技术等信息的综合；就其应用而言，监测监控系统是现代化生产和管理的有力工具，广泛应用于国民经济的各个领域，如化工、冶金、纺织、能源、交通、电力和城市公共事业的自来水、供热、排水、医疗等，在科学研究、国防建设和空间技术中的应用更是屡见不鲜；就其组成而言，监测监控系统是分布式的计算机管理系统；就其地位而言，监测监控系统是企业综合自动化 CIMS（Computer Integrated Manufacturing Systems，计算机集成制造系统）中的子系统，是计算机网络中的节点；就其理论基础而言，监测监控系统是维纳（Wiener）提出的控制论、香农（Shannon）提出的信息论、贝塔朗菲（Bertalanffy）提出的系统论的综合与实践。

按照任务的不同，普遍意义上的控制系统可以分为检测系统、控制系统和测控系统。

检测系统又称为数据采集系统，是单纯以检测为目的的系统，主要实现数据的采集。

控制系统是单纯以控制为目的的系统，主要实现对生产过程的控制。

测控系统是测控一体化的系统，即通过对大量数据进行采集、存储、处理和传输，使控制对象实现预期要求的系统。

工程上，大量的实际系统是测控系统，通常把测控系统也称为控制系统。

二、监测监控系统构成

（一）计算机测控系统构成

不同类型的计算机测控系统之间存在较大的差异，但都具有相似的结构和许多共同的特征，其基本原理结构如图 1-1 所示。简单的计算机测控系统由被控对象、检测单元、控制器、执行机构 4 个基本单元组成。

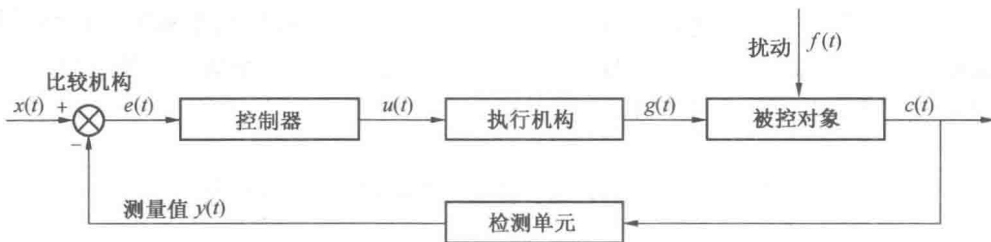


图 1-1 测控系统的基本原理结构

1. 被控对象

被控对象是指被控制的装置或设备。被控变量 $c(t)$ 则是影响系统安全性、经济性、稳定性的变量。

2. 检测单元

检测单元的功能是感受并测出被控变量的大小，变换成控制器所需要的信号形式

$y(t)$ 。一般检测单元是由敏感元件、转换元件及信号处理电路组成的传感器，若检测单元输出的是标准信号，则称检测单元为变送器。

3. 控制器

将检测单元的输出信号 $y(t)$ 与被控变量的设定值信号 $x(t)$ 进行比较得出偏差信号 $e(t)$ ，根据这个偏差信号的大小按一定的运算规律计算出控制信号 $u(t)$ ，然后将控制信号传送给执行机构。

4. 执行机构

执行机构接收控制器发出的控制信号 $u(t)$ ，直接改变控制变量 $g(t)$ ，使被控变量 $c(t)$ 回复至设定数值。

在一个计算机测控系统中，除上述最基本的4部分之外，还有一些辅助装置，例如给定装置、转换装置、显示装置、报警单元等。

(二) 煤矿安全监测监控系统构成

煤矿安全监测监控系统原理上也是计算机测控系统，但比计算机测控系统要复杂得多，是两级或三级管理的集散控制系统，通过中心站和测控分站实现“集中管理、分散控制”的目的。其主要由监测终端、监控中心站、通信接口装置、井下分站、传感器组成。每个测控分站负责某几路传感器信号的采集和某个执行机构的控制，实现了采集、控制分散；中心站负责数据的处理、储存、传输，实现了管理的集中。中心站与分站和计算机网络之间的通信、传感器到测控分站的数据传输、测控分站到执行或控制装置信号的传输，都是通过传输信道实现的。

典型监测监控系统的组成如图1-2所示。

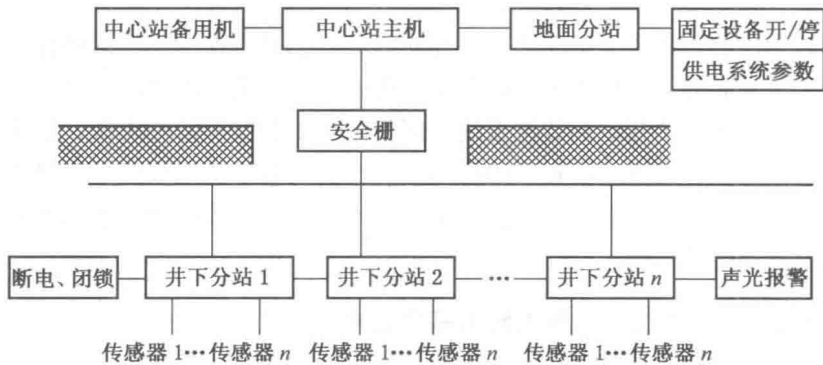


图 1-2 典型监测监控系统的组成

1. 测控分站

测控分站（简称分站）根据放置地点和防爆要求的不同，有井下分站和地面分站之分。测控分站的主要功能是采集由传感器传来的环境安全参数、设备工况参数等信息，并进行预处理。根据预先设定的参数极限，发出超限声光报警信号和断电、闭锁信号，与中心站通过传输信道进行通信，传输被测量信息，接收中心站的命令。井上、井下信息的交换必须加安全栅隔离。

测控分站的核心是以单片机组成的微型计算机系统，包括 CPU、ROM、RAM、I/O 接口、必需的外设、系统软件和应用软件。

1) 传感器

传感器是将被测的物理量转换为便于传输和处理的电信号，经传输线和测控分站连接，为测控分站提供信息。传感器按输出信号的种类可分为模拟量传感器和开关量传感器。根据监控系统的特点和考虑抗干扰等因素，很多传感器采用频率信号输出，为测控分站的采集和处理带来很大的方便。

有的传感器本身就是智能传感器，输出为数字量信号，可不设置测控分站，由传感器与中心站直接交换信息。

2) 执行或控制装置

执行或控制装置是根据测控分站或中心站的命令，进行状态转换和控制的装置，主要包括声光报警装置，断电、闭锁装置等。

报警装置的作用是根据安全参数的极限值发出声光报警信号。

断电、闭锁装置的作用是在安全参数超限时，切断工作面工作设备的电源，以免发生事故或防止事故扩大，从而实现工作面电源的闭锁。

2. 中心站

中心站是整个监测监控系统的核心，通过测控分站实现对煤矿井下环境监测、故障报警、设备运行工况等信息的采集、处理、存储、显示等，并根据预设实施远程控制。中心站主要由监控主机、主控软件数据传输接口、打印机、大屏幕显示器、网络终端等组成。中心站主机一般设置两台，采用冷备份或热备份的方式，互为备用。主机的作用是系统的生成、系统的管理以及进行数据的处理和输出，并进行必要存储，必要时对关键设备实施控制。

煤矿井下是一个特殊的工作环境，有瓦斯等易燃、易爆性气体，有硫化氢等腐蚀性气体，有淋水，环境潮湿，空间狭小，矿尘大，电磁干扰严重，电网电压波动大，工作场所分散且距离远。因此，矿井监测监控系统不同于一般工业监测监控系统，这主要体现在电气防爆、传输距离远、网络结构宜采用树形结构、监控对象变化缓慢、电网电压波动适应能力强、抗干扰能力强、抗故障能力强、不宜采用中继器、传感器宜采用远程供电、设备外壳防护性能要求高等方面。

三、煤矿安全生产对监测监控系统的基本要求

1. 矿井安全监测监控系统的通用要求

矿井安全监测监控系统除应满足矿井监测监控信息传输要求外，还应满足下列要求：

- (1) 应具有模拟量、开关量和累计量监测功能。
- (2) 应具有声光报警、模拟量和开关量手动与自动控制功能。
- (3) 应具有备用电源，当电网停电后，系统应能对主要监控量继续监控，且持续监控时间不少于 2 h。
- (4) 应具有自检功能，当系统中设备发生故障时，应能够自检故障类型和位置、报警并记录故障时间，以供查询及打印。
- (5) 系统主机应双机备份，并具有手动切换功能，自动切换功能可选。

- (6) 应具有实时存盘功能和列表显示功能。
- (7) 应具有模拟量实时曲线和历史曲线显示功能。
- (8) 应具有柱状图显示功能,以便直观地反映设备开机率,显示内容包括地点、名称、最后一次开/停时间和状态、工作时间、开机率、开/停次数、传感器状态、封锁与解锁等。
- (9) 应具有模拟动画显示功能,以便形象、直观、全面地反映安全生产状况。
- (10) 应具有系统设备布置图显示功能,以便及时了解系统配置、运行状况。
- (11) 应具有报表、曲线、柱状图、模拟图、初始化参数等召唤打印功能,定时打印功能可选,以便报表分析。
- (12) 应具有人机对话功能,以便系统生成、参数修改、功能调用命令输入。
- (13) 应具有防雷措施,防止雷电击毁设备,引起井下瓦斯爆炸。
- (14) 应采取抗干扰措施。
- (15) 系统分站应具有初始化参数、掉电保护功能,以防分站停电后,初始化参数丢失。
- (16) 应具有工业电视图像等多媒体功能,以便提高信息的利用率。
- (17) 应具有网络通信功能,以便矿领导及上级主管部门对监测监控信息的利用。
- (18) 地面设备应具有防静电措施。
- (19) 电源波动适应范围为地面 90% ~ 110% 额定电压,井下 75% ~ 110% 额定电压。

2. 矿井安全监测监控系统对信息传输的要求

信息传输要求是矿井安全监测监控系统硬件通用、软件兼容、信道共享、信息共享的基础,对促进矿井安全监测监控产品标准化、提高产品质量具有重要作用。

- (1) 矿井安全监测监控系统的传输介质可以是电缆、光缆等。
- (2) 为便于系统安装维护、节约传输电缆、降低系统成本,宜采用树形网络结构,也可采用环形、总线形、星形或其他网络结构。
- (3) 矿井安全监测监控系统宜采用多主或无主工作方式,也可采用主从等其他工作方式。
- (4) 为满足环境安全、轨道运输、输送带运输等就地监控的需要,可单层连接,也可多层连接。
- (5) 单向传输仅适用于监测系统,全双工传输适用于传输通道较多、信号带宽要求较大及远程遥控等场合。
- (6) 为保证实时性,需对最大传输容量下的巡检周期作出规定。
- (7) 译码能力一般与地址场的字长有关,物理层是决定节点容量的关键因素。此外,还应对信号、同步方式、调制方式、字符、帧格式、输入输出方式、传输速率、误码率、传输处理误差、最大传输距离、最大节点容量等进行规定。

四、安全监测监控系统的作用

安全监测监控系统是目前现代化工矿企业生产和管理的有效工具。对于煤矿生产,矿井安全监测监控系统是煤矿高产高效、安全生产的重要保证。

安全监测监控系统是一种自动采集信息、处理信息并进行控制的系统,具有及时、准

确、连续、可靠的优点，对保障矿井安全、提高矿井“一通三防”管理水平、增强矿井抗灾能力等方面具有非常重要的作用，特别是对预防煤矿瓦斯超限、积聚，准确且迅速地测定矿井通风参数及有害气体浓度、掌握井下通风状况，早期发现事故征兆，防止瓦斯事故的发生起到辅助决策的作用。

对于高瓦斯影响严重的矿井，监测监控系统可从以下方面发挥作用：

(1) 合理利用瓦斯超限断电功能，杜绝瓦斯超限。安全监测监控系统能准确及时实施自动报警和控制断电，自动切断规定范围内全部非本质安全型电气设备的电源，真正做到 24 h 不间断地对采掘工作面进行瓦斯监控，控制瓦斯事故的发生。通过调整生产队组的生产节奏，避免瓦斯事故的发生。

(2) 监督安全技术措施的落实，及时消除瓦斯隐患。安全监测监控系统不仅在消除瓦斯超限作业方面发挥着重大作用，而且还可利用监控系统来监督安全技术措施的执行情况。在生产过程中所实施的一些降低瓦斯浓度的措施，其作用效果是否明显，可以通过安全监测监控系统得到真实反映。

(3) 为快速查找瓦斯超限原因提供帮助。安全监测监控系统是对矿井所有瓦斯流经区域进行实时监测，所以通过一些关键地点的瓦斯监测数据，可以查找瓦斯超限的原因。

(4) 为矿井瓦斯治理提供基础数据。安全监测监控系统连续监测采掘工作面瓦斯浓度变化，并将数据存储于监测中心站，为分析研究矿井和采掘工作面瓦斯涌出规律、瓦斯赋存特征，制定治理瓦斯技术措施提供可靠的依据。

由于监测监控系统技术朝着安全、生产和调度一体化的综合监控系统方向发展，并逐渐渗入到煤矿生产的各个环节，从而为煤矿安全生产和科学管理起到极为重要的作用。

第二节 安全监测监控系统技术指标

根据安全监测监控系统的组成，其主要技术指标主要以组成系统的各个子系统的技术指标为特征。

一、测控分站

(1) 容量是指输入、输出量的个数及类型。

(2) 接配传感器是指所接配传感器的种类、型号、测量范围、输出信号形式、供电电压、精度等。

(3) 检测精度是反映测控分站性能优劣的主要指标之一，一般用满量程的相对误差来表示。数值越小，检测精度越高。

(4) 分辨率反映测控分站对微小模拟输入量变化的敏感程度，一般用 A/D 转换器的有关参数来表示。例如，8 位或 12 位分辨率；也可以用一个数码所代替的模入量来表示，即

$$1\text{LSB} = \frac{\text{模入量满刻度值}}{2^k} \quad (1-1)$$

式中 1——A/D 转换器输出一个数码 1；

LSB——在模数转换过程中，实际量化间隔与理想量化间隔误差的有效值；

k ——A/D 转换器的有效数字位数。

(5) 转换时间是指 A/D 转换器一次转换所需时间，其倒数称为转换率。转换时间反映了测控分站实时性的程度。

(6) 传输距离是指传感器与测控分站间信号传输的最远距离。

此外，还有可靠性、工作条件、耗电量、质量、几何尺寸等。

二、中心站

(1) 主机型号及配置即指 CPU 型号，内存容量，硬盘容量，软驱数量、规格，配置外设的种类、型号、数量等。另外，还有备用主机的情况。

(2) 容量即系统可带测控分站的数量。例如，井下 100 个测控分站，地面 10 个测控分站。

(3) 信息传输方式即时分制或频分制，是频带传输还是基带传输方式。

(4) 传输速率即数字传输的波特率。波特率越高，传输效率越高。

(5) 传输距离即中心站与最远测控分站间的距离，一般大于 10 km。

(6) 可靠性一般用故障率和信息传输误码率来衡量。

三、系统信息管理软件

(1) 开放性好。组态软件数据库提供了开放数据访问接口，可以实现数据库的二次开发。

(2) 安全性良好。所有的设计方案都充分考虑了系统的安全性，使采集系统对监控系统的影响达到最小。采用有效的方法使局域网与控制网相互隔离，从而避免局域网内人为因素或计算机病毒对监控系统的影响。

(3) 数据容量大。采用虚拟内存管理技术，理论上数据存储是无限制的（受硬盘空间和内存大小的影响）。

(4) 响应速度快。客户端访问实时数据库的时间应低于 3 s。

(5) 运行稳定。实时数据采集监控系统长期无故障运行。

(6) 扩展性强。开放 I/O 接口规范，允许跨平台对接其他系统，兼容性好。

四、防爆及防爆标志

在煤矿、石油、化工等行业，一些生产场所存在易燃易爆的固体粉尘、气体或蒸气，它们与空气混合成为具有火灾或爆炸危险的混合物，使其周围空气成为具有不同程度爆炸危险的场所。安装在这些场所的电气设备如果产生的火花或热效应能量能点燃危险混合物，则会引起火灾或爆炸。因此，仅仅依靠对被控参数进行严格的控制还不足以消除安全隐患，必须使监测监控系统符合防爆、本质安全性能指标的要求。

1. 设备保护级别

设备保护级别是根据设备成为点燃源的可能性和爆炸性气体环境、爆炸性粉尘环境和煤矿瓦斯爆炸性环境所具有的不同特征对设备规定的保护级别。根据国家标准的规定，设备保护共分为 8 个级别。设备保护级别与危险场所的对应关系见表 1-1。

表 1-1 设备保护级别与危险场所的对应关系

设备保护级别	危险场所	保护级别
Ma	煤矿瓦斯气体环境	很高
Mb	煤矿瓦斯气体环境	高
Ga	爆炸性气体环境 0 区	很高
Gb	爆炸性气体环境 1 区	高
Gc	爆炸性气体环境 2 区	一般
Da	爆炸性粉尘环境 20 区	很高
Db	爆炸性粉尘环境 21 区	高
Dc	爆炸性粉尘环境 22 区	一般

2. 电气设备分类和温度组别

根据国家标准的规定，爆炸危险环境用电气设备分为 3 类：Ⅰ类电气设备用于煤矿瓦斯气体环境；Ⅱ类电气设备用于除煤矿甲烷气体之外的其他爆炸性气体环境；Ⅲ类电气设备用于除煤矿以外的爆炸性粉尘环境。其中，Ⅱ类电气设备按照其拟使用的爆炸性环境的种类可进一步再分类为ⅡA类（代表性气体是丙烷）、ⅡB类（代表性气体是乙烯）、ⅡC类（代表性气体是氢气），其分类的依据：对于隔爆外壳电气设备是最大试验安全间隙，对于本质安全型电气设备是最小点燃电流比。Ⅱ类电气设备还按最高表面温度的不同，分为 T1 ~ T6 共 6 组，使得对应的 T1 ~ T6 组的电气设备的最高表面温度不能超过对应组别的允许值，它们之间的关系见表 1-2。Ⅲ类电气设备按照其拟使用的爆炸性粉尘环境的特性可进一步再分类为ⅢA类（可燃性飞絮环境用）、ⅢB类（非导电性粉尘环境用）、ⅢC类（导电性粉尘环境用）。

表 1-2 Ⅱ类电气设备的最高表面温度分组 ℃

温度组别	最高表面温度	可燃物质的点燃温度
T1	450	$T > 450$
T2	300	$300 < T \leq 450$
T3	200	$200 < T \leq 300$
T4	135	$135 < T \leq 200$
T5	100	$100 < T \leq 135$
T6	85	$85 < T \leq 100$

3. 防爆标志

防爆型设备在外壳上的总标志为“Ex”。防爆型电气设备按防爆结构的不同，分为以下几种类型：

(1) 由增安型“e”保护的的设备。它指在正常运行情况下不产生火花、电弧或危险温度的电气设备或部件上采取某些措施，以提高安全程度的防爆类型。在“Ex”之后再增加附加标志“e”。

(2) 由隔爆外壳“d”保护的设。它是以前隔爆外壳进行防爆，这种设备可在有瓦斯和煤尘爆炸危险的矿井中的任何地点使用。其附加标志为“d”。

(3) 由本质安全型“i”保护的设。在正常工作和故障状态下，产生的电火花和热效应都不能点燃爆炸性气体混合物的电路称为本质安全电路。电气设备内部的所有电路都是本质安全的，则其为本质安全型电气设备。本质安全型电气设备按安全程度的不同，分为ia型和ib型。对于经常存在爆炸性混合物的场所应采用ia型，煤矿井下因其不经常存在爆炸性混合物应采用ib型。其附加标志分别为“ia”和“ib”。

(4) 正压外壳型“p”。它是利用向外壳内通入正压新鲜空气或充入惰性气体，以阻止外部爆炸性气体混合物进入壳内，达到防爆的目的。其附加标志为“p”。

(5) 其他。充油型，其附加标志为“o”；充砂型，其附加标志为“q”；无火花型，其附加标志为“n”；浇封型，其附加标志为“m”；气密型，其附加标志为“h”。

第三节 安全监测监控系统发展和应用

一、安全监测监控系统发展背景

矿井安全监测技术是伴随着煤炭工业发展而逐步发展起来的。据记载，世界上最早见于学术报告的瓦斯爆炸事故是发生于1675年英国某煤矿的一次瓦斯爆炸；第一次伤亡超过百人的瓦斯爆炸事故发生于1825年的英国某煤矿，死亡102人；第一次伤亡超过千人的瓦斯爆炸事故发生于1906年的法国某煤矿，死亡1099人。由此可见，在测量措施和安全措施没有完备以前，由于巨大的破坏力，煤矿瓦斯爆炸已经成为当时社会瞩目的安全问题。

正是由于煤矿瓦斯爆炸事故的危害巨大，瓦斯监测仪器伴随着对瓦斯安全问题的研究而出现。最早应用仪器来检测矿井瓦斯浓度的国家是英国，英国化学家戴维在19世纪初发明了第一种监测瓦斯仪器——安全灯，它利用火焰的高度来测量瓦斯浓度。这种安全灯由于构造简单、性能可靠、使用寿命长，一直被沿用了100多年。1925年日本发明了光学瓦斯检定器，它是根据瓦斯气体对光线的折射率与空气的折射率不同的原理，由同一光源发出的两束光，分别经过充有空气的参考气室与充有待测量气样的测量气室，两束光再次相遇时将产生干涉条纹，待测量气样中瓦斯浓度不同，干涉条纹的位置也不相同，根据干涉条纹的位置即可测定瓦斯浓度。这种光干涉瓦斯检定器在我国和日本生产和使用得比较广泛，目前我国有许多矿井仍然采用这种仪器进行瓦斯检测。据资料，1943年以前美国已经成功制造VCC瓦斯测量仪，它使用纯铂丝催化元件，这是最早的催化型瓦斯传感器。随后，日本在铂丝催化元件上加上涂有催化剂的载体小珠，制成最早的载体催化元件，并利用这种元件制成了北辰型瓦斯指示器。此后，据联邦德国安全仪器专家Berqrat的报告，1958年法国Cherchar研究所研制成功利用氧化铝为载体，钯、钼为催化剂的载体催化元件，获得了较好的测量性能。从此，催化型瓦斯传感器进入了发展过程中的全盛时期，并得以广泛的普及应用。

20世纪60年代以后，主要产煤国家都把发展催化型仪器作为瓦斯检测的主要方向。同时，从1960年开始，随着微型计算机技术、通信技术的发展，国外煤矿安全监测已经