



高等学校“十一五”规划教材

*Anquan Jiance Jiankong Jishu*

# 安全监测监控技术

*Anquan Jiance Jiankong Jishu*

李树刚 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等学校“十一五”规划教材

# 安全监测监控技术

主 编 李树刚  
副 主 编 魏引尚

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书在阐述安全监测监控技术基本原理和发展历程的基础上,讲述了矿井安全监测监控系统的工作原理和使用方法,阐述了传感器理论以及基于该理论指导的矿井瓦斯等各种有害组分和其他环境状态参数的检测原理和检测仪表,介绍了监控信号在测控系统传输过程中的检测信号采集技术、数据通信技术、计算机网络基础以及信号干扰抑制技术,叙述了安全监测监控系统在矿井安全生产中实现的功能和作用、煤矿安全监控系统的主要性能测试方法及其设计方法,最后介绍了几种目前比较先进的监测监控系统。

本课程是安全工程及相关专业的一门专业技术课。本书是高等学校安全工程、采矿工程、自动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设计、工程安装等科研人员、工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

安全监测监控技术/李树刚主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2008.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0029 - 7

I. 安… II. 李… III. 矿山安全—监视控制 IV. TD76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 125459 号

书 名 安全监测监控技术

主 编 李树刚

责任编辑 杨 廷

责任校对 周俊平

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail [cumtpvip@cumtp.com](mailto:cumtpvip@cumtp.com)

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 13.25 字数 331 千字

版次印次 2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

定 价 21.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

# 前 言

作为我国安全生产指导方针的一项重要内容,“预防为主”指明了生产工作中对于安全问题实施关口前移的根本原则。于是,在煤炭安全生产、特别是瓦斯灾害的治理工作中,国家安全生产监督管理局提出了“先抽后采、监测监控、以风定产”的十二字方针,强调了监测监控技术对于煤矿安全生产的重要性。可见,准确并及时地监测监控矿井生产环境中各类安全和环境状态参数,是实现安全生产的重要基础性工作。因此,自从国家开展了矿井瓦斯灾害专项治理以来,几乎所有的煤矿都安装了矿井安全监测监控系统,监测对象从瓦斯浓度、风速、有害气体变化等,发展到生产设备的开停、供电运输的自动控制,甚至到了煤(岩)与瓦斯异常动力现象预测、煤自然发火变化趋势等灾害分析方面。

安全监测监控系统的普遍应用以及与之相关的各种技术的更新发展,使得对于安全监测监控系统及其相关技术的需求日渐增多。2005年7月,中国煤炭教育协会高等教育分会在湘潭组织召开了高等学校(矿业)“十一五”规划教材研讨会,把《安全监测监控技术》列为矿业类院校安全工程、采矿工程、自动控制及工业自动化等专业的教材,要求从监测基本原理、监测方法入手,深入讲述矿井生产环境中各类安全状态和环境参数的监测监控技术,介绍各种重要的监测仪器、仪表和监测系统,力求使学生能学以致用、触类旁通,把基本的监测监控技术和方法正确地应用到现场实际中。

本教材共分十章。第一章介绍了安全监测监控系统发展的简史和系统功能,第二章至第五章介绍了传感器技术以及各类参数监测方法和原理,第六章至第八章介绍了数据采集与通信以及安全监测计算机网络技术,第九章介绍了安全监测数据的综合管理与应用,第十章介绍了安全监测监控系统设计和应用的基本原则。

《安全监测监控技术》是在高等学校(矿业)“十一五”规划教材研讨会的精神指导下编写的,参考了编者近年使用的讲义书稿,由李树刚任主编,魏引尚任副主编。其中,第一章和第二章由西安科技大学李树刚教授编写,第三章和第四章由安徽理工大学戴广龙教授编写,第五章、第八章和第十章由西安科技大学魏引尚副教授编写,第六章和第七章由黑龙江科技学院秦宪礼副教授编写,第九章由西安科技大学钱敏副教授编写。

本教材的编写得到了中国矿业大学、湖南科技大学和河南理工大学等兄弟院校专家及现场工程技术人员的大力支持与帮助,同时也参阅了许多专家、学者的著作和文献,在此一并致谢。由于编者水平和能力有限,书中问题在所难免,欢迎广大读者提出宝贵意见。

编 者

2008年7月



# 目 录

前言	1
<b>第一章 绪论</b>	1
第一节 安全监测监控系统组成及其作用	1
第二节 安全监测监控系统技术发展历程	4
第三节 安全监测监控系统发展应用现状	7
第四节 我国矿井安全监测监控系统的发展方向	11
第五节 本课程的任务与目的	13
复习思考题	14
<b>第二章 传感器基本理论</b>	15
第一节 传感器的定义、组成及分类	15
第二节 传感器的作用及其发展	16
第三节 传感器技术的特性	19
第四节 传感器的标定	24
复习思考题	25
<b>第三章 瓦斯检测</b>	26
第一节 矿井空气成分检测方法概述	26
第二节 热导型气体检测	27
第三节 载体热催化原理气体检测	30
第四节 光干涉式瓦斯检定仪	35
复习思考题	38
<b>第四章 矿井环境状态参数检测</b>	39
第一节 温度检测技术	39
第二节 风速测量	44
第三节 压力测量	48
第四节 湿度检测仪器	54
第五节 一氧化碳和硫化氢气体检测	56
第六节 氧气检测	60
第七节 气相色谱仪	63

复习思考题 .....	65
<b>第五章 矿井生产系统工况参数检测 .....</b>	<b>67</b>
第一节 风门开停状态监测 .....	67
第二节 机电设备开停状态检测 .....	68
第三节 煤仓贮煤位置检测 .....	70
第四节 煤炭运量检测 .....	71
第五节 采煤机组位置传感器 .....	72
第六节 矿尘检测技术 .....	74
第七节 煤矿井下人员定位系统 .....	76
复习思考题 .....	78
<b>第六章 数据采集技术 .....</b>	<b>79</b>
第一节 数据采集系统的基本构成 .....	79
第二节 数据采集基本电路 .....	81
第三节 信号变换电路 .....	87
第四节 数据采集方法 .....	97
复习思考题 .....	102
<b>第七章 数据通信技术 .....</b>	<b>103</b>
第一节 数据通信基础 .....	103
第二节 数据信号的基带传输 .....	112
第三节 数据信号的频带传输 .....	118
第四节 信道的多路复用 .....	125
复习思考题 .....	131
<b>第八章 安全监测计算机网络基础 .....</b>	<b>132</b>
第一节 计算机网络及其体系结构 .....	132
第二节 网络协议 .....	136
第三节 信道访问控制方式 .....	147
第四节 局域网 .....	148
复习思考题 .....	160
<b>第九章 安全监测监控管理系统 .....</b>	<b>161</b>
第一节 监测数据统计基本理论 .....	161
第二节 监测数据的估计与统计处理 .....	166
第三节 辅助安全信息管理 .....	170
第四节 监控信息远程管理 .....	173
第五节 监测监控系统可靠性分析 .....	177



复习思考题.....	179
<b>第十章 矿井安全监测监控工业技术.....</b>	<b>181</b>
第一节 安全监测监控系统性能测试.....	181
第二节 监测监控系统设计原则及步骤.....	188
第三节 监测监控系统的选型及施工设计.....	192
复习思考题.....	200
<b>附录.....</b>	<b>201</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>203</b>

# 第一章

## 绪 论

### 第一节 安全监测监控系统组成及其作用

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。它广泛应用于当今社会现代化工业和日常生活的诸多方面,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。如我们常见到的楼宇安全监测通信系统、建筑消防监测监控系统、公路交通安全监控系统等,都是以环境系统的安全为目标而设置的一套综合性电子系统。可见,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。

在我国的工业安全事故中,煤炭工业的安全事故较为频发且性质严重,尤其以生产矿并瓦斯爆炸事故最为突出。为此,国家有关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。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。

#### 一、安全监测监控系统的组成

##### (一) 监测监控系统的基本概念

监测监控系统的功能:一是“测”,即检测各种环境安全参数、设备工况参数、过程控制参数等;二是“控”,即根据检测参数去控制安全装置、报警装置、生产设备、执行机构等。若系统仅用于生产过程的监测,当安全参数达到极限值时,产生显示及声、光报警等输出,此类系统一般称为监测系统;除监测外还参与一些简单的开关量控制,如断电、闭锁等,此类系统一般称为监测监控系统;在监测系统上增加了对生产机械的控制、调节功能,此类系统一般称为计算机监控系统。

##### (二) 监测监控系统的组成

在我们的日常工作和生活中,人体实际上也是一个“监测监控系统”。人通过五官(传感器)感受外界的信息,通过神经(传输信道)传输给大脑(计算机),大脑经过分析、判断,指挥四肢等器官(执行机构)的动作。信息由大脑集中管理,产生的动作由四肢等器官分散控制,这里可以将其称为集散测控系统。



煤矿安全生产监测监控系统在层次上一般分为两级或三级管理的计算机集散系统(distributing center system, DCS),一般包含测控分站级和中心站级。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 1-1 所示。

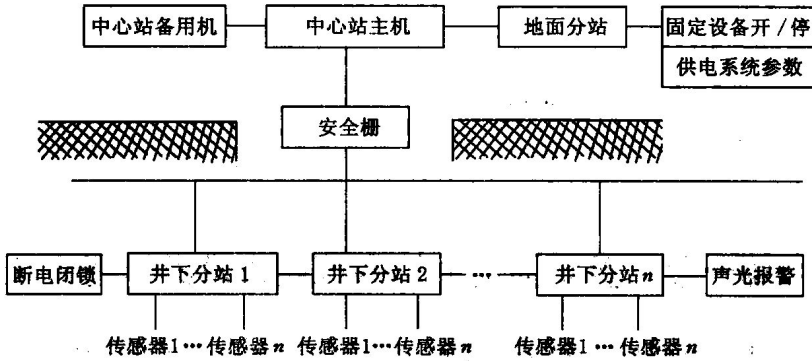


图 1-1 监测监控系统的组成

### 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。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。按输出信号的种类分,传感器有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的扩大,从而实现工作面电源的闭锁。

## 2. 中心站

中心站的关键设备是主机,采用高可靠性的计算机,如工控机等作为主要部件。主机一般设置 2 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。

就其技术而言,测控系统是传感器技术、通信技术、计算机技术、控制技术、网络技术等信息技术的综合。

## 3. TY—2000 煤矿安全监测监控系统

TY—2000 煤矿安全监测监控系统主要用于对煤矿井下的有害、有毒、易燃易爆气体和各种机电设备运行状态的监测和控制。该系统主要由微机、主机、终端、调制解调器、智能分站、瓦斯传感器、红外定位传感器、压力传感器、温湿度传感器、视频摄像机、风速传感器和瓦斯电/风电闭锁控制信号等组成。

微机实时采集并显示瓦斯浓度值和风速值,根据设定的瓦斯和风速的上/下限值进行实时报警和打印,微机通过视频观测主要场所的现场图像;智能分站中的高性能单片计算机将瓦斯传感器、风速传感器、顶板压力传感器、位置信号输出的频率信号转换成智能数据包并进行分析,分析结果转换成瓦斯电/风电闭锁控制信号,继而控制现场磁力开关来达到瓦斯电/风电闭锁控制的目的。

控制系统数据采集接口是整个系统建设的技术关键和技术难点。控制系统一般都具有各种各样外接数据接口,利用工控组态软件提供的丰富数据外部接口协议、手段和标准,开发控制系统数据采集接口。

TY—2000 煤矿安全监测监控系统主要由 6 个子系统组成:

- (1) 安全监控监听子系统:主要完成井下、井上等监控地点的图像和声音信号的采集。
- (2) 报警输入输出子系统:主要完成井下瓦斯传感器、风速传感器、温度传感器、应急传感器等的报警输入信号,并完成主控室报警,且自动按照预先设置的控制方式动作报警系统。
- (3) 监控记录与回放子系统:主要将图像信号、声音信号、报警信号进行长时间的记录与回放,其存储的时间可无限期要求,支持其他控制中心通过用户名称和密码的认证调用井下的内容,并做到事故发生后可以立即查出各监视地点在最近的活动历史、矿工所在位置,为救援和确定井下情况作重要参考依据。
- (4) 布线防护子系统:采用星型分布式结构,一个信号可通过多条路由出井,电源信号也在内部,有效地避免了事故发生后全部线缆被炸断而无法继续监控的后果,除重大事件外,一般情况下均可保证数点正常工作。
- (5) 电源供电子系统:传统的监控一般均采用就近供电的方式,造成事故发生后即使完好的设备也由于全部断电而无法工作。本系统最大的特点在于可以线缆供电,最大状态下保证系统的连续工作能力。
- (6) 安全广播子系统:在本系统中引入安全广播的概念,使得在紧急情况下井上指挥中心可以指挥井下人员的动作,或者告诫人员的违规行为。

TY—2000 煤矿安全监测监控系统采用先进的设计思想,采用多进程、多线程技术实时并行处理多任务,实时性强。微机运行于视窗操作系统,系统功能强大,应用广泛。利用现代的编程技术,可做到跨越任意平台,对接任意系统,真正实现资源的合理利用,为客户节约

资源和成本。采用 WEBGIS 技术,该技术具有直观的可视化图形界面及操作,网络信息发布的性能高,支持大量用户的并发访问,客户端与服务端端的互操作性强,个性化的客户端界面,无线终端的应用拓展了系统的覆盖面,支持业务应用管理的后续开发。

就其地位而言,测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。

## 二、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。

它是一种自动采集资料、处理资料并进行控制的系统,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。例如,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 小时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的区域进行实时监测,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。例如,2004 年 2 月 26 日,山西某矿发现 2# 风井总回风瓦斯浓度在短时间内达到 0.75%,传感器报警频繁,同时从停产的 4302 工作面监测曲线看出,工作面瓦斯浓度急剧上升,上隅角瓦斯达到 3% 以上,说明采空区瓦斯大量涌出。经分析,原因是邻近小煤窑漏风携带采空区瓦斯进入工作面。通过及时协调后,瓦斯浓度恢复到正常水平。

(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。如可以分析得到工作面产量与瓦斯涌出量关系,生产工序与瓦斯涌出量关系,考察掘进巷道的瓦斯涌出特征等。

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发展历程

安全监测监控系统应用于煤矿生产,起源于对矿井瓦斯进行检测的安全需求。据记载,世界上最早见诸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 1 099 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。

### 一、瓦斯检测技术的发展过程

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,该国化学家戴维在 19 世纪初发明了第一种监测瓦斯仪器——安全灯,它是利用火焰的高度来测量瓦斯浓度的。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。

光学瓦斯检定器是 1925 年日本发明的一种检测瓦斯技术,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。

当今世界上占主要地位的是催化型瓦斯监测仪器。据可查的资料,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( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )为载体,钯(Pd)、钍(Th)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。

### 二、国内外瓦斯安全监测监控系统

1961 年以后,英国、美国、法国、德国、日本、苏联等工业发达国家,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不单单是自动监测矿井瓦斯浓度参数,而是集多种安全状态参数于一体的监测系统,是传感器技术、半导体材料技术以及通信技术的综合产品。从技术特性来看,其信息传输是靠空分制,即一个测点信号靠一对电缆来传输。其中最具代表性的是 20 世纪 60 年代中期法国的 CCT63/40 煤矿环境监测系统,它可测量瓦斯、一氧化碳、风速、温度等参数,最多可测 40 个点。

我国催化型瓦斯传感器的研究工作,最早出现于 1958 年的山西省,它采用纯铂丝元件为传感器,后经多方协作研制出我国第一个达到实用水平的载体催化元件,随后研制成功以这种元件为传感器的 AQR—1 型瓦斯测量仪。到了 1973 年,重庆煤矿安全仪器厂等 5 家单位协作,研制成功了长期连续监测瓦斯的 AYJ—1 型瓦斯遥测仪,随后又有 ABD—1 型瓦斯断电报警仪、AQD—1 型采煤机瓦斯断电控制仪等产品出现,我国催化型矿井瓦斯检测仪器的品种逐渐丰富起来。同时,在 20 世纪 70 年代,我国煤矿已经采用了多路载波传输技术和模拟显示进行环境参数和机械状态的监测,用电话来指挥生产。随着改革开放的国策出

台,我国开始引进了波兰 CMM 安全监测系统、英国的 MINOS 系统、美国的 DAN 系统和联邦德国的 TF—200 系统。到了 80 年代,随着引进消化并进一步实现“国产化”,创造了一系列适合我国煤矿条件的监测监控系统。到了 90 年代,我国先后研制出了 KJ2、KJ4、KJ8、KJ13、KJ19、KJ38、KJ66、KJ75、KJ80 等煤矿安全监测监控系统。随着电子技术、计算机软硬件技术的迅猛发展和企业自身发展的需要,国内各主要科研单位和生产厂家又相继推出了 KJ90、KJ95、KJ101、KJF2000、KJ4、KJ2000 和 KJG2000 等监控系统,以及 MSNM、WEBGIS 等煤矿安全综合化和数字化网络监测管理系统。同时,“先抽后采、监测监控、以风定产”的十二字方针和《煤矿安全规程》等法规文件,规定我国各大、中、小煤矿的高瓦斯或煤与瓦斯突出矿井必须装备矿井安全监测监控系统。

### 三、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。

#### 1. 测控分站

(1) 容量,是指输入、输出量的个数及类型。例如,模入 8,开入 4 个接点信号、4 个电流形式信号等;开出 4 个 TTL 电平、4 个继电器触点输出等。

(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,反映分站对微小模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

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

式中 1LSB——A/D 转换器输出一个数码 1,其中 LSB 是指在模数转换过程中,实际量化间隔与理想量化间隔误差的有数值;

N——A/D 转换器的有效数字位数。

(5) 转换时间,指 A/D 一次转换所需时间,其倒数称为转换率。转换时间反映了分站实时性的程度。

(6) 传输距离,是传感器与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。

#### 2. 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,即系统可带分站的数量。例如,井下 100 个分站,地面 10 个分站。

(3) 信息传输方式,即是时分制还是频分制,是频带传输还是基带传输方式。

(4) 传输速率,即指数字传输的波特率。例如,600 bit/s 和 1 200 bit/s。波特率越高,传输效率越高。

(5) 传输距离,即中心站与最远分站间的距离,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。

### 3. 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。

### 4. 防爆及防爆标志

根据国家标准的规定,爆炸危险环境用电设备分为 2 类,即有瓦斯爆炸危险的矿井使用的电气设备为 I 类,除瓦斯矿井以外的爆炸危险场所使用的电气设备为 II 类。其中,II 类电气设备又分为 A、B、C 三级,这是根据使用场所的爆炸性气体混合物最大试验安全间隙或最小点燃电流来分的。II 类电气设备还按最高表面温度的不同,分为 T1~T6 共 6 组。

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) 增安型。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) 隔爆型。它是以隔爆外壳进行防爆,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。隔爆型的附加标志为“d”。

(3) 本质安全型。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 型设备。其附加标志分别为“ia”和“ib”。例如,井下分站的防爆标志为“Exib”,可知其为本安型电气设备。

(4) 通风充气型。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) 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”;特殊型,其附加标志为“s”。

## 第三节 安全监测监控系统发展应用现状

自 20 世纪 60 年代欧美等发达国家先后开发、生产出矿井环境监测监控系统以来,安全监测监控系统的应用得到了迅速发展。近年来,不仅国外,国内的安全监测监控系统也取得了长足的发展。

## 一、国外安全监测监控系统的发展和应用

国外安全监测监控系统在应用于煤矿生产过程中,是集环境安全、生产控制、调度运输等各方面功能于一体的复合系统。截至目前,还没有明确的划分标志,如果从系统信息传输方式来划分的话,基本上每10年就有一代新产品出现。按照安全监测监控系统信息传输特征来区分的话,可以将其分为如下几代产品:

第一代产品,信息传输采用空分制方式,这是国外最早应用于煤矿安全监测监控的信息传输方法。在20世纪60年代,英国煤矿的运输机控制、日本煤矿中的固定设备控制等大都采用这种技术,其中最具代表性的是法国的CCT63/40矿井环境监测系统,它可以检测瓦斯、一氧化碳等多种参数,布置40多个测点。到了20世纪70年代末,西欧一些国家共装备了150多套这种系统。其中波兰在70年代从法国引进这一技术后,推出了可测128个测点的CMC-1系统。

第二代产品,其主要技术特征是信道的频分制技术的应用,它可以大大减少传输信道电缆芯数目,于是很快取代了空分制系统。英、美、德等国家的煤矿在20世纪60年代后期就大量采用频分制技术,其中最具代表性的是德国Siemens公司的TST系统和F+H公司的TF200系统,这些音频传输系统的信息传输技术以晶体管电路为主,它比空分制信息传输前进了一大步。

第三代产品,是在集成电路技术出现以后,推动了时分制信息传输技术的发展。其中发展较快的是英国,英国煤炭研究院于1976年推出了轰动一时的以时分制为基础的MINOS煤矿监控系统。在胶带运输系统应用取得成功后,他们立即推广到井下环境监测、供电供水监测和洗煤厂监控等方面,形成了全矿井监测监控系统。到了20世纪80年代初,MINOS煤矿监控系统已经相当成熟,在英国国内得到大量推广,并向美国和印度出售。这一系统的成功应用,开创了煤矿自动化技术和安全监测监控技术发展的新局面,直到现在,国内外各种监测监控系统尽管在功能性和产品的技术先进性上都有较大的提高,但系统的整体结构仍没有太大的变化。

第四代产品,是以分布式微处理机为基础的安全监测监控系统。近年来,计算机技术、大规模集成电路技术、数据通信技术以及计算机网络技术等现代高新科技应用于煤矿监控系统,使得矿井安全监测监控技术跻身于高科技之列。最具代表性的是美国MSA公司的DAN6400系统,其信息传输方式虽然仍属于时分制范畴,但用原来的一般时分制的概念已经不足以反映这一高新技术的应用特点。

第五代产品,是以光纤通信技术为基础的安全监测监控系统。采用光纤通信技术是国外煤矿监测监控系统近年来发展的特点之一。光纤技术应用之一是利用光纤高速数据通道将地面中心站与井下分站连接起来,以提高信息传输速度,扩大系统容量。如德国AEG-TELEFUNKEN公司将光纤通信用于GEAMATIC2900i矿井监控系统中;柏林技术大学将光纤通信用于矿井电力网监测系统中;英国在MINOS煤矿监控系统中也开发了64Kb/s光纤通信装置。在日本,尽管许多煤矿关闭,煤炭产量减少,但日本煤矿监测技术仍在不断创新。日本采矿研究中心利用局域网(LAN)技术能够构成宽带传输线,具有高传输速率的特点,提出并开发了双回路环形系统。新系统由地面站、局域网系统(主系统)、本质安全子系统构成。主系统由一对光纤构成环路;每个站之间最大通讯距离达6km;采用再生重

复传输方法,传输速度达 8.192 Mb/s;当某处电缆断开时,系统可以改变传输路线;某分站断电时,可将该分站旁路,不但增加了系统的信息量,其可靠性也得到了很大的提高。

1995 年美国矿业局开发了光纤环境监测报警系统(Forewarns),对矿井的 CO、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 这三种有毒气体进行监测。该系统由中心站(CMS)通过一个大芯径光纤向三种传感器提供光源。中心站由显示单元、激光组件组成,通过分光器将光信号分布到每个敏感组件(RSU)上。利用光纤技术监测瓦斯是气体传感器技术的新途径、新发展。美国、英国、瑞典、日本、澳大利亚等国家均开展了该技术的研究工作,澳大利亚和美国还在煤矿进行了试验。该技术的特点是利用了甲烷吸收某一特定波长的红外线能量的原理,甲烷的强吸收带虽然在 3.3 μm 处,但在该波长下,硅光纤材料传播红外线能量的损失太大,一般是将波长选在其谐波,即 1.6 μm 处。如果在光纤芯中,3.3 μm 波长的红外光传播的光能损失是 56 dB/km,而在同一光芯中其谐波的光能损失只是它的 1/56。此外,在 3.3 μm 这一波长的红外光源生成技术和探测器制造技术日趋完善。光纤瓦斯传感器与载体热催化式瓦斯传感器相比有明显的优点,主要表现为线性范围宽(可检测的甲烷浓度为 0~100%)、线性误差小(甲烷浓度误差不超过 0.1%)、稳定性好(每月的甲烷浓度误差不超过 0.1%)、响应时间短(1 s)、寿命长。由于在危险场所无电气连接,所以安全性能好。

## 二、国内安全监测监控系统的发展和應用

我国的煤矿安全监测监控系统是以“自力更生”方针为起点,在引进、吸收、消化国外先进的煤矿安全监测监控技术的基础上逐步发展起来的。我国自行设计的第一套煤矿安全监测监控系统是煤炭科学研究总院常州自动化研究所研制的 KJ1 系统。我国在 20 世纪 80 年代初,先后从法国引进了两套 CCT63/40 矿井环境监测系统,分别装备了阳泉一矿和兖州东滩矿。到了 80 年代中期,又从波兰引进了两套 CMC—20 型系统装备了抚顺龙凤矿和开滦赵各庄矿,并由抚顺煤矿安全仪器厂引进 CMC—20 制造技术。这是第一代安全监测监控系统在我国的应用情况。

1984 年,原煤炭部从西德 F+H 公司引进一套 TF200 系统,装备了兖州兴隆庄煤矿,并由重庆煤矿安全仪器厂引进其制造技术。由此,国内不少矿井装备了 TF200 系统。同一年,我国从美国引进了两套 MSA 公司的 DAN6400 系统,分别装备在淮南潘一矿和鸡西的小恒山矿。

在 20 世纪 80 年代初,原煤炭部组织了对国外煤矿安全监测监控技术进行大规模考察和引进的工作,大大促进了国内安全监测监控技术的发展。如常州自动化研究所研制的 KJ2 系统于 1988 年通过鉴定;原航空航天部 634 所的 KJ4 系统于 1986 年通过鉴定;镇江煤矿专用设备厂生产的 A—1 系统于 1988 年通过鉴定;淮南无线电厂生产的 A—2 系统于 1988 年通过鉴定;海南煤矿安全仪器厂 1989 年生产出了 KJ10 系统;中国矿业大学北京研究生部研制的 ZKY—1 系统于 1989 年通过鉴定;天津煤矿专用设备厂引进生产的森透利昂系统也于同一时期通过鉴定;常州自动化研究所的 KJ22 经济型煤矿监控系统于 1991 年通过鉴定;由常州自动化研究所、大同矿务局和阜新矿业学院研制的 KJ7 系统于 1991 年通过鉴定。这些标志着我国煤矿安全监测监控系统进入了国产化的轨道。

进入 20 世纪 90 年代,我国在安全监测监控技术方面的研制得到了进一步的发展,研制开发出一批具有世界先进水平的监测监控系统。如北京仙岛新技术研究所和抚顺煤矿安全



仪器厂联合开发的 KJ66 系统,煤炭科学研究总院重庆分院的 KJ90 系统,上海嘉利矿山电子公司的 KJ92 系统,煤炭科学研究总院常州自动化研究所的 KJ95 系统等。其主要特点是,测控分站的智能化水平进一步提高,具有网络连接功能;系统软件普遍采用了 Windows 操作系统。

总结我国近 10 年来煤矿安全监测监控系统的技术发展概况,主要表现在以下五个方面:

(1) 煤矿安全监测技术标准化工作逐步完善。为了规范管理煤矿安全监测系统,在原煤炭部的组织下,相继制定了《煤矿监控系统总体设计规范》、《煤矿安全生产监控系统软件通用技术要求》以及甲烷、一氧化碳、风速等传感器行业标准。这些技术规范和标准对监测系统的技术规格、实时性、可靠性、精度、软件功能、关联设备等技术指标和试验方法作出了明确规定。这对我国煤矿安全监测系统的研究、设计及产品质量监督检验起到了指导和积极推动的作用。

(2) 开发新型传输技术,系统容量扩大。我国现有的煤矿监测系统的数据传输信道基本上采用电信号传输,既有模拟传输系统,也有数字传输系统。从煤矿生产的实际情况出发,监测监控系统的网络结构,即中心站和监测分站之间的连接,一般采用树状网络结构。其最大特点是系统所用传输电缆少,但这种结构也存在着传输阻抗难以匹配、接收端信号功率微弱、信噪比小、抗干扰能力差等问题。因此,一些系统采用了数字频带传输技术,一般是采用数字调频移频监控 FSK 调制解调技术,这是一种数字调制信号传输信息的方式,与基带传输方式相比,这种传输方式有较好的抗干扰能力。随着矿井监控系统容量的增加以及矿井调度通信功能的综合一体,现有监测监控系统的网络结构和传输方式难以满足要求,为此中国矿业大学、煤炭科学研究总院常州自动化研究所等单位相继开发了光纤传输系统。如 KJ95 就是集矿井调度通信、监测于一身的综合性系统,该系统的主干线是光纤高速通道,系统在透明传输监测数据的同时可以传输微机调度通信系统的 28 路语音信号。

(3) 应用软件丰富,系统功能增强。随着微型计算机技术的快速发展,监测监控系统软件运行环境不断改善,应用软件的开发工作也不断深入。软件的不断升级、功能增强是近年来矿井监控系统技术进步的主要方面。目前,矿井监测监控系统都采用了 Intel 系列 CPU 的工业控制机,硬件配置增强,配有实时、多任务操作系统。系统软件多运行在 Microsoft Windows 95/98/2000/XP 或 NT4.0 中文操作平台上,不仅可以充分利用多进程、多线程技术实时并发处理多任务,还具有丰富多彩的用户界面,使监测监控软件的前后台处理能力增强。

联网是矿井监测监控系统软件发展的重要方面。监测监控系统本身就是一个分布式计算机网络。随着煤矿计算机应用水平的不断提高和煤矿企业管理要求的不断严格,需要将矿井监测监控系统与其他计算机构成网络,使网络各节点上的计算机可以调用、分享监测监控信息,也可以处理管理信息。通过网络系统,还可以方便地与矿务局计算机网络交换信息。现有的 KJ4、KJ95、KJF2000 等监测监控系统都具备联网功能。如 KJ95 系统与矿井调度通讯系统组成网络,通信系统中的语音工作站不断访问服务器,如果发现井下某一测点瓦斯超限,确定报警语音信息,语音工作站将语音信息转换成语音信号送交换机,再由交换机对井下进行广播报警。

(4) 矿井专业化安全监测系统不断涌现。矿井安装安全监测系统的目的是要防止瓦