

煤炭技师学院“十二五”规划教材

中国矿业大学图书馆藏书



C01675730

煤矿安全监测监控技术

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

76
88

TD76
M-488

煤炭技师学院“十二五”规划教材

煤矿安全监测监控技术

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编



中国矿业大学图书馆藏书



C01675730

煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿安全监测监控技术/中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会编. --北京:煤炭工业出版社, 2011
煤炭技师学院“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5020-3689-8

I. ①煤… II. ①中… III. ①煤矿-矿山安全-监测系统-高等学校:技术学校-教材②煤矿-矿山安全-监控系统-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TD76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 110854 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
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 787mm × 1092mm^{1/16} 印张 15^{1/2}
字数 362 千字 印数 1—5 000
2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷
社内编号 6499 定价 31.00 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

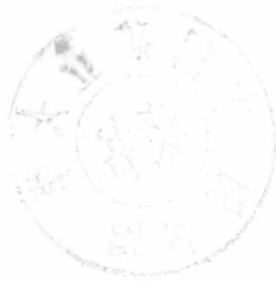
内 容 提 要

本书是煤炭技师学院矿井通风与安全专业的配套教材中的一本。内容有5个模块：煤矿安全监测监控系统概述，矿用传感器，监控分站与电源箱，避雷器与调制解调器，煤矿安全监控系统中心站。

本书内容上力求实用性、先进性和系统性的统一，同时考虑技师教育的特点，着重培养学员生产实践能力，解决生产一线技术和工艺难题的能力。使学员在牢固掌握通风与安全专业必需的专业知识基础上，培养综合的职业技能和技术创新能力。

本书可作为中等职业院校、成人教育学院和高级技工学校矿井通风与安全专业教学用书，亦可作为其他专业参考教材。

中 国 煤 炭 教 育 研 究 会 会 员 委 员 会 审 定 书



煤炭工业出版社

· 京 · 北 ·

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

名誉主任 朱德仁

主任 邱江

常务副主任 刘富

副主任 刘爱菊 吕一中 肖仁政 张西月 郝临山 魏焕成

曹允伟 仵自连 桂和荣 雷家鹏 张贵金 韩文东

李传涛 孙怀湘 程建业

秘书长 刘富(兼)

委员 (按姓氏笔画为序)

牛宪民 王枕 王明生 王树明 王朗辉 甘志国

白文富 仵自连 任秀志 刘爱菊 刘富 吕一中

孙怀湘 孙茂林 齐福全 何富贤 余传栋 吴丁良

张久援 张先民 张延刚 张西月 张贵金 张瑞清

李传涛 肖仁政 辛洪波 邱江 邹京生 陈季言

屈新安 林木生 范洪春 侯印浩 赵杰 赵俊谦

郝临山 夏金平 桂和荣 涂国志 曹中林 梁茂庆

曾现周 温永康 程光岭 程建业 董礼 谢宗东

谢明荣 韩文东 雷家鹏 题正义 魏焕成

主编 毛龙泉

前 言

高技能人才是我国煤炭工业人才队伍的重要组成部分，是煤炭行业产业大军的优秀代表，是煤炭技术工人队伍的核心和骨干。在煤炭工业调整产业结构、转变经济发展方式、加快产业优化升级、提高企业竞争力、推动企业科技创新和技术进步等方面具有不可替代的重要作用。

近年来，煤炭企业认真贯彻落实党和国家关于加强高技能人才队伍建设的方针政策，在高技能人才队伍建设方面做了大量工作，部分企业根据本企业实际出台了相关规定，加强了高技能人才培训基地建设，完善了办学条件，为本企业开展高技能人才培养工作奠定了良好的基础。但是，由于煤炭行业高技能人才培养工作发展很不平衡，多数企业尚在起步阶段，经验不足，教师队伍整体素质有待于进一步提高，教学软件建设还有待于进一步加强。从行业总体上看，缺少规范的教学文件和配套的教材，严重影响了高技能人才培养工作的不断进步和发展。

为进一步认真贯彻落实党和国家《关于进一步加强高技能人才工作的意见》，加快培养一大批数量充足，结构合理，素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型煤炭高技能人才，为实现煤炭工业安全、健康和可持续发展提供人才保障。中国煤炭教育协会结合煤炭行业高技能人才培养工作的实际，依据煤炭行业高技能人才培养要求，组织行业内有关教师、专家和企业专业技术人员研究制定了部分煤炭专业高技能人才培养教学指导方案，并编辑出版了配套教材。这套教材是煤炭高技能人才培养“十二五”规划教材，它的出版对推动煤炭行业高技能人才培养工作的进步与发展将起到重要作用。

这套教材以能力为核心，突出全面素质提高和能力培养，结构合理，针对性强，适合煤炭技师学院和在职培训使用，也适合相关专业的工程技术人员和致力于自学成才的技术工人自学。

本教材由毛龙泉主编。另外，在本教材的编写过程中，得到了有关煤炭技工学校的广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

中国煤炭教育协会职业教育教材

编审委员会

2011年4月

目 次

模块一 煤矿安全监测监控系统概述	1
课题一 煤矿安全监测监控技术的发展与应用	1
课题二 煤矿安全监测监控系统中信息传输	6
课题三 煤矿安全监测监控系统的分类、组成与结构	27
模块二 矿用传感器	37
课题一 传感器的基础知识	37
课题二 甲烷传感器	44
课题三 一氧化碳传感器	63
课题四 温度、风速、压力、流量传感器	68
课题五 开关量传感器	78
课题六 传感器的设置	88
模块三 监控分站与电源箱	96
课题一 KDF-2型井下监控分站	96
课题二 KDF-2型监控分站电源箱	110
课题三 KJ2007F型井下监控分站	115
课题四 KDW6B型矿用隔爆兼本安型电源箱	129
课题五 KDG型远程断电器	135
模块四 避雷器与调制解调器	145
课题一 避雷器	145
课题二 调制解调器与交换机	151
模块五 煤矿安全监控系统中心站	159
课题一 KJ4N煤矿安全监控系统	159
课题二 主控台及定义	168
课题三 显示	182
课题四 查询	186
课题五 曲线与字典	198
课题六 管理与维护	207
附录一 《煤矿安全规程》关于通风安全监控的规定	213
附录二 煤矿安全监控系统通用技术要求 (AQ 6201—2006)	217
附录三 低浓度甲烷传感器调校方法	235
附录四 矿用开关瓦斯电闭锁接线原理	237
参考文献	238

模块一 煤矿安全监测监控系统概述

课题一 煤矿安全监测监控技术的发展与应用

【知识目标】

1. 了解煤矿安全监测监控系统的发展历史。
2. 了解煤矿安全监测监控系统技术的发展趋势。
3. 了解我国煤矿安全监测监控系统的现有技术水平。
4. 了解煤矿安全监测监控系统在“一通三防”中的作用。

【课题内容】

一、煤矿安全监测监控系统的发展历史与国内外现状

煤炭开采业属高危行业，对煤矿井下危险源进行实时监测和预警，是煤矿最早关注的项目。从20世纪60年代后期开始，工业发达国家开始研制矿井监测监控系统，主要有法国的CTT63/40U集中监控系统，波兰的CMM-20M和CMM-1监控系统，英国的MINOS系统（Mine Operation System），德国的TF200H信息传输系统和ZM400遥控系统，美国的DAN6400系统以及加拿大的MINI600安全生产监测系统。其中影响较大的是20世纪70年代后期由英国煤管局组织开发、分别由不同公司生产的MINOS系统。该系统最早应用于煤矿环境监测，后来扩展了许多生产监测监控功能。例如，煤仓监测、带式输送机控制等。但总体来讲，该监测监控系统仍是以监测功能为主，附加简单逻辑控制功能。

我国从20世纪80年代起，为了尽快改变煤矿安全的落后面貌，防止和杜绝重大恶性事故的发生，逐步缩小与各先进国家煤矿的技术差距，先后从美国、德国、英国等国家引进了一批以计算机为核心的矿井安全监控系统，先后装备了十多个矿井。在引进的同时，通过消化、吸收并结合我国煤矿的实际情况，先后研制出KJ2、KJ4、KJ8、KJ10、KJ13、KJ19、KJ38、KJ66、KJ75、KJ80、KJ92等监控系统。随着电子技术、计算机软硬件技术和计算机网络技术的迅猛发展，为满足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。

2002年，国家煤矿安全监察局在总结各地瓦斯灾害防治成功经验的基础上，提出了“先抽后采、监测监控、以风定产”的瓦斯防治十二字方针，确立了瓦斯防治的指导思想和方法。为规范矿井安全监控系统与装置的生产和使用，2001年版的《煤矿安全规程》增加了“通风安全监控”一章（第三章）；1999年3月颁布了中华人民共和国煤炭行业标准《煤矿监控系统主要性能测试方法》（MT/T 772—1998）；2001年5月颁布了中华人民共和国煤炭行业标准《煤矿用信息传输装置》（MT/T 899—2000）；2006年2月颁布了中华人民共和国安全生产行业标准《煤矿安全监控系统通用技术要求》（AQ 6201—

2006)。全国煤矿特别是高瓦斯矿井按照《煤矿安全规程》的有关规定，逐步装备了安全监控系统及装置，有效地控制和减少了瓦斯事故。

二、煤矿安全监测监控系统技术的发展趋势

当前，煤矿开采正向高产高效和集约化方向发展。全矿井的生产自动化、管理信息化技术已在现代化矿井得到越来越多的应用，使矿井在“采、掘、运、风、水、电、安”等生产环节和管理环节逐步实现了综合自动化与管理信息化。国内科研单位与厂家正在开发新型的工业以太环网加现场总线煤矿综合监测监控系统，并在一些大型现代化煤矿得到了实际推广应用，使监测监控系统技术性能跃上了新的台阶，也代表了国内煤矿监测监控系统的发展趋势。

1. 数字化监控技术

数字化监控技术是信息产业和工业领域的一种先导性技术，是计算机网络和软件技术，以及数字通信技术、微电子技术的集成和发展。在煤矿安全领域引入这一技术，通过在一定范围内的联网，可以对所辖区域内所有煤矿瓦斯防治情况，包括井下瓦斯浓度、通风机开停状态、设备状态及设备送电断电情况等，实施集中监控、远程监控和实时监控，针对突发情况及时采取调整作业方式、停止生产、撤离人员等措施。同时，通过远程监控系统，还可以对井下采掘工作面的位置进行跟踪，防止越界越层开采。目前，全国高瓦斯矿井、煤与瓦斯突出矿井都装备了此类监控系统。数字化监控系统结构如图 1-1 所示。

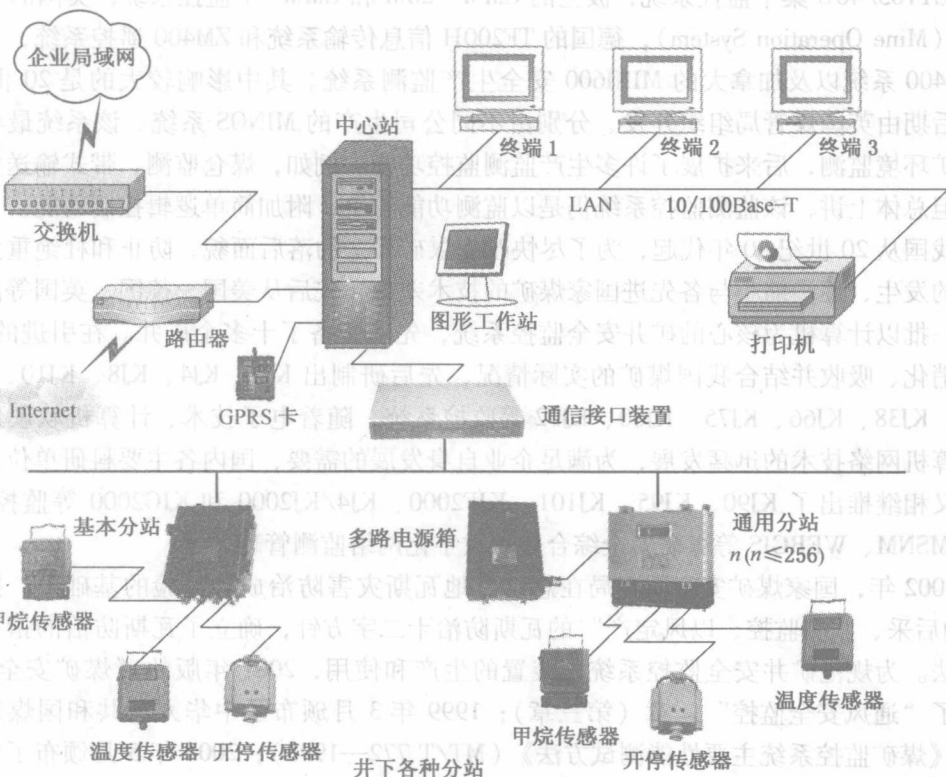


图 1-1 数字化监控系统结构示意图

2. 矿井工业以太网技术

矿井工业以太网技术是基于以太网协议的工业网络技术。系统整体架构采用工业以太环网加现场总线，并划分为管理层、监控层和设备层3层。其中管理层是指地面管理局域网；监控层是指工业以太网平台、监控主机、数据服务器、接入网关等；设备层是指现场总线、监控站、控制器、传感器、执行器等。

整个工业以太网平台分为井上监控部分和井下监控部分。井上部分网络系统采用100 M/1000 M工业以太环网将地面各个监控设备连接起来，再通过防火墙与管理信息网连接；井下部分采用100 M/1000 M矿井防爆工业以太环网将各个监控设备连接起来，以矿用阻燃单模光缆作为主传输介质。所有工业网络交换机和光纤网共同汇集到监控指挥中心的核

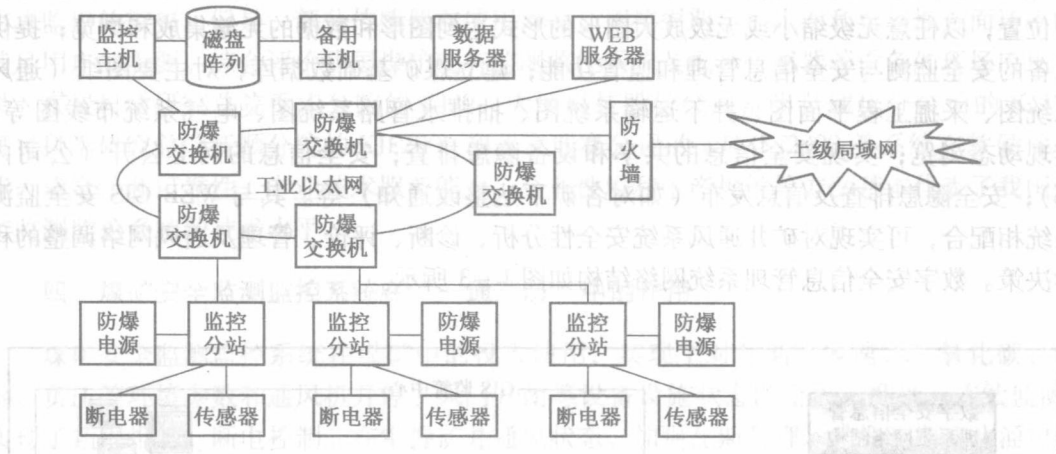


图 1-2 工业以太网煤矿综合监控系统物理结构拓扑示意图

3. 全矿井综合监控系统

全矿井综合监控系统是矿井监控系统的发展方向，是一种既可用于环境安全、轨道运输、带式运输、提升运输、供电、排水、矿山压力、火灾、水灾、煤与瓦斯突出、大型机电设备健康状况等全面综合监控，又可实现某些或某个方面监控的多参数、多功能监测与控制并重、就地自动控制与地面人为运动控制结合的系统。全矿井综合监控系统由智能传感器、智能监控站、调度管理网络等组成。

三、我国煤矿安全监测监控系统的现有技术水平

1. 系统中心站

环境监测方面，主要监测煤矿井下各种有毒有害气体及工作面的作业条件，如甲烷浓度、一氧化碳浓度、氧气浓度、风速、负压、温度、煤岩温度、顶板压力、烟雾等。

生产监控方面，主要监控地面与井下主要生产环节的各种生产参数和重要设备的运行状态参数，如煤仓煤位、水仓水位、供电电压、供电电流、功率等模拟量，水泵、提升机、局部通风机、主要通风机、带式输送机、采煤机、开关、磁力起动器运行状态和参数等。

中心站软件方面，具有测点定义功能，以及显示测量参数、数据报表、曲线显示、图形生成、数据存储、故障统计和报表、报告打印功能。其中，部分系统可实现局域网络连接功能，并采用国际通用的 TCP/IP 网络协议实现局域网络终端与中心站之间实时通信和实时数据查询。随着计算机软件技术日新月异的发展，各厂家的系统应用软件正不断更新版本，如 KJF2000 系统中心站应用软件版本 2.40 和 MSNM 局域网络终端应用软件版本 1.1 的操作界面全部实现了可视化和图形化功能，而且具备矿井采空区火灾早期预测预报和专家决策分析功能，以及带式输送机全线火灾监测功能和井下瓦斯抽放监控功能。

2. 局域网络

煤炭科学研究总院抚顺分院率先开发的 WEB GIS 数字化矿山安全监测监管网络系统应用软件版本 1.10，采用人性化设计，利用 WEB GIS 技术使得大到省煤矿安全生产监督管理局、矿业集团公司所辖各矿井分布位置，小到各矿采区工作面实际尺寸及设备实际使用位置，以任意无级缩小或无级放大图形的形式达到图形和数据的无缝集成和浏览；提供完备的安全监测与安全信息管理和监管功能；建立煤矿基础数据库，对主要图纸（通风系统图、采掘工程平面图、井下运输系统图、抽排水管路系统图、电气系统布线图等）实现动态浏览；实现安全信息的共享和设备隐患排查；安全信息的网上公开（公司内部）；安全隐患排查及信息发布（如对各矿下达整改通知）等。其与 WEB GIS 安全监测系统相配合，可实现对矿井通风系统安全性分析、诊断、评价、管理及通风网络调整的科学决策。数字安全信息管理系统网络结构如图 1-3 所示。

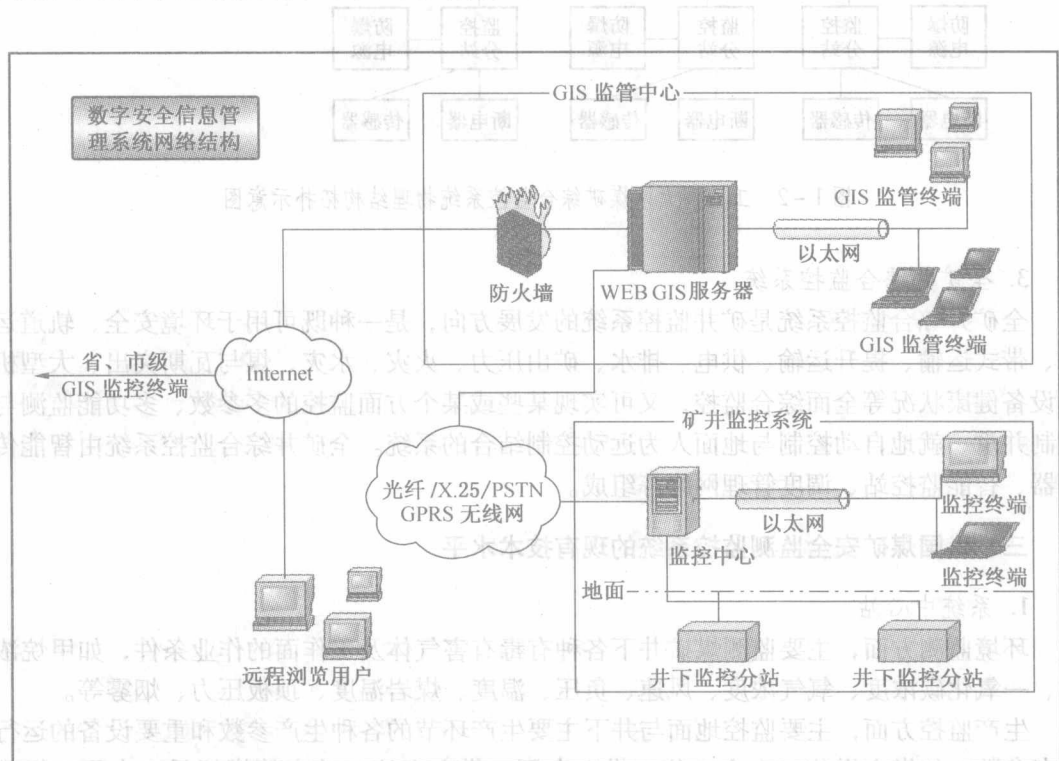


图 1-3 数字安全信息管理系统网络结构

3. 监控系统井下分站功能 井下分站具有开机自检和本机初始化功能；通信测试功能；分站设程控功能（实现断电仪功能、风电瓦斯闭锁功能、瓦斯管道监测功能和一般的环境监测功能等）；死机自复位并通知中心站功能；接收地面中心站初始化本分站参数设置功能（如传感器配接通道号、量程、断电点、报警上限和报警下限等）；分站自动识别配接传感器类型功能（电压型、电流型或频率型等）；分站本身具备超限报警功能；分站接收中心站对本分站指定通道输出控制继电器实施手控操作功能和异地断电功能。

4. 各种传感器与控制器 目前，国产的用于煤矿监测监控系统的模拟量传感器主要有甲烷、一氧化碳、风速、负压、温度、煤仓煤位、水仓水位、电流、电压和有功功率等传感器，开关量传感器主要有机电设备开停、机电设备馈电状态、风门开关状态等传感器，基本满足了煤矿安全生产监测监控的需要。但是，部分传感器在使用寿命、调校周期、稳定性和可靠性方面还不能满足用户的需要。综合评价我国煤矿现有监测监控系统及配套传感器等设备的现场应用效果，煤炭科学研究总院重庆分院的 KJ90、天地科技股份有限公司常州自动化分公司的 KJ95、煤炭科学研究总院抚顺分院的 KJF2000 和北京瑞赛公司的 KJ4/KJ2000 等系统在软硬件功能、稳定性和可靠性、专业技术服务能力、企业性质和生产规模等方面基本代表了我国煤矿监测监控系统的技术水平。

四、煤矿安全监测监控系统在“一通三防”中的作用

煤矿安全监测监控系统在煤矿中的投入使用，实现了对瓦斯、风速、一氧化碳、温度、负压等环境参数和通风机开停、风门开闭等设备设施状态的全面、准确、连续监测，实现了超限报警、断电控制。在掌握矿井通风状态、加强瓦斯管理、掌握瓦斯变化涌出规律、及时发现重大事故隐患、避免灾变事故的扩大等“一通三防”工作中发挥了重要作用。

1. 及时掌握矿井通风状况，为排除事故隐患提供准确信息

通过监控系统中接入的甲烷、风速、风门开关等传感器采集的数据和监测到的通风设备（如主要通风机、局部通风机）、设施（风门）状态，系统中心站、矿调度所、通风区调度能够及时掌握矿井的通风安全状态，一旦出现通风状况异常，能够尽快采取措施，避免通风方面出现重大事故。例如，潘一矿监控系统中心站曾经及时发现 4 km 以外的东风井负压突然降到零，由东风井回风的东一、东二采区回风巷风速也降到零，监控中心站值班人员由此判断东风井通风机停了，先于东风井通风机值班人员报告矿调度所并通知机电部门，及时排除故障，恢复了矿井东翼的通风。其他诸如风门打开未能及时关闭造成风流短路，局部通风机停止运转而引起的瓦斯超限等事故，由于发现及时，得到了迅速处理。

2. 连续监测瓦斯变化，实现瓦斯超限报警断电

监控系统能够连续监测井下瓦斯变化情况，弥补了人工检查瓦斯时间间隔长、发现问题不及时、配合生产不紧密的缺陷。当瓦斯超限时可自动发出报警并切断被控设备的电源，防止瓦斯超限后继续作业。对具有煤与瓦斯突出危险的工作面，特别是石门揭穿突出危险煤层时，在执行远距离爆破和震动爆破中，利用监控系统及时掌握瓦斯变化，已成为防治瓦斯突出事故的重要安全措施。例如，潘一矿 2000 年 5 月 26 日 12 时 8 分，施工的

东二 21118 回风联巷, 发生了一起爆破后煤与瓦斯突出事故, 正在工作面施工的 5 名作业人员被煤粉埋压造成窒息性死亡, 突出煤量 226 t、瓦斯量 3908 m³, 突出的瓦斯浓度在爆炸限内, 局部通风机的进风侧的瓦斯浓度也在爆炸限内, 监控系统在 12 时 07 分 08 秒自动切断了该工作面及其回风流中的所有电气设备的电源, 防止了瓦斯爆炸事故发生, 避免了灾变事故的扩大。

监控系统采集的实时信息, 为矿井安全生产的指挥者、执行者提供安全生产依据; 存储的历史数据可以供通风专业技术人员分析研究一些测点的瓦斯变化趋势, 掌握采掘工作面瓦斯涌出变化规律, 为解决通风问题提供决策依据。淮南矿业集团在研究有关瓦斯的科研课题(如“炮后瓦斯涌出规律”、“矿井瓦斯涌出量预测验证”、“计算瓦斯突出量”等)时, 都是利用了监控系统对瓦斯连续监测、自动采集数据、贮存、处理分析的先进功能完成的。

3. 连续监测煤层自燃火情, 指挥灭火抢险

监控系统中接入的一氧化碳传感器, 可以在自然发火预测预报中发挥重要作用, 在有自燃倾向煤层的回采中, 特别是综放回采工作面, 通过一氧化碳传感器监测一氧化碳浓度的变化趋势, 为正确制定防火措施和指挥生产提供依据。例如, 谢桥矿开采 1121 (3) 综放工作面在整个回采过程中, 监控系统每天打印该工作面的一氧化碳浓度变化趋势曲线和数据, 这样不仅能够及早发现火情, 而且在灭火中, 可利用监控系统多处设置的测点, 连续、及时、准确提供信息, 供技术人员分析、研究, 指挥灭火抢险。

4. 连续监测抽放参数, 实现抽放量自动准确计量

在抽放管路中安设高浓度瓦斯、压力、流量、温度传感器, 实现连续监测, 掌握各种参数的变化情况, 通过监控系统处理软件, 实现对瓦斯抽放混合量、纯量的自动统计。同时, 还可以通过对各个时间段抽放参数和抽放量的分析, 掌握抽放效果, 发现、判断抽放系统中存在的故障。

□ 复习思考题

1. 简述煤矿安全监测监控系统的发展过程。
2. 简述我国煤矿安全监测监控系统的现有技术水平。
3. 简述煤矿安全监测监控系统在“一通三防”中的作用。

课题二 煤矿安全监测监控系统中信息传输

【知识目标】

1. 通信网络的结构及特点。
2. 传输系统的构成及构成部件的作用。
3. 通信方式(传输系统的分类、传输方式的特点、检错技术)。
4. 信道复用的方式及每种复用技术的工作原理与特点。
5. 模拟信号的调制原理及调制方式与特点。
6. 数字信号的调制原理及调制方式与特点。

7. 常用的矿用通信电缆种类及特点。

【课题内容】

一、通信网络结构

煤矿安全监测监控系统中传感器、井下分站和地面中心站之间通过信道联结成的通信网络有星形结构、树形结构、环形结构、总线形结构 4 种基本形式，如图 1-4 所示。

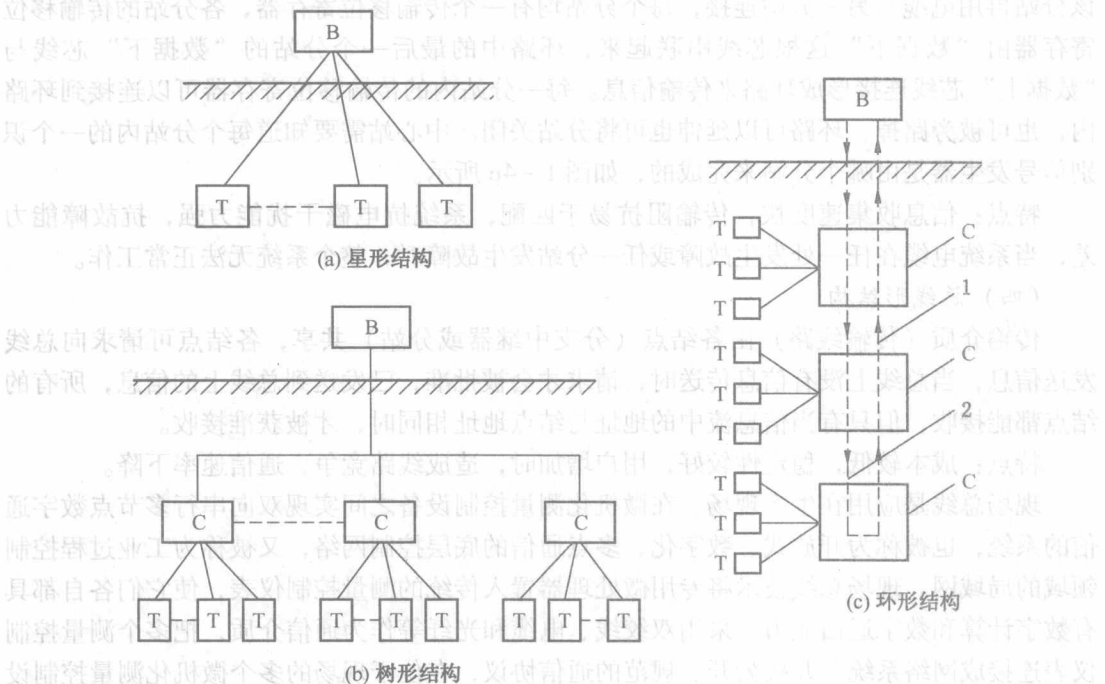


图 1-4 通信网络结构示意图

煤矿安全监测监控系统对通信网络结构的基本要求：有利于系统本质安全防爆；在传感器分散情况下，通过适当的复用方式配合，使系统的传输电缆用量最少；抗电磁干扰性强，抗故障能力强，特别是当系统中某些分站发生故障时，力求不影响系统中其余分站的正常工作，当传输电缆发生故障时，不影响整个系统的正常工作。

(一) 星形结构

系统中的每个分站通过一根电缆与中心站相连，如图 1-4a 所示。

特点：发送和接收设备简单，传输阻抗易于匹配，各分站之间干扰小，抗故障能力强，可靠性高，可以由中心站向传感器进行本质安全供电，此结构所需传输电缆用量大，仅用于小容量的矿井监控系统。

(二) 树形结构

系统中每一个分站使用一根传输电缆就近接到系统传输电缆上，传感器与分站呈星形

结构联结,各分站将传感器传送来的信息经过处理后,通过公用通信电缆传输给地面中心站,如图 1-4b 所示。

特点:系统传输阻抗难以匹配,传输性能不够稳定,不利于本质安全防爆,抗电磁干扰能力差,但其使用的电缆较少,管理维修方便,抗故障能力强。

(三) 环形结构

系统中各分站与中心站用一根电缆串在一起,形成一个环。环形结构是中心站不与各分站直接连接,而是环路内的分站(最多 16 个)中只有一个分站与中心站用电缆连接,该分站再用电缆与另一分站连接,每个分站均有一个传输移位寄存器,各分站的传输移位寄存器由“数据下”这根芯线串联起来,环路中的最后一个分站的“数据下”芯线与“数据上”芯线连接形成环路来传输信息。每一分站内的传输移位寄存器可以连接到环路内,也可被旁路掉,环路可以延伸也可将分站关闭。中心站需要知道每个分站内的一个识别信号发生器是由哪个分站来完成的,如图 1-4c 所示。

特点:信息收集速度快,传输阻抗易于匹配,系统抗电磁干扰能力强,抗故障能力差,当系统电缆在任一处发生故障或任一分站发生故障时,整个系统无法正常工作。

(四) 总线形结构

传输介质(传输线路)由各结点(分支中继器或分站)共享,各结点可请求向总线发送信息,当总线上没有信息传送时,请求才会被批准,已发送到总线上的信息,所有的结点都能接收,但只有当信息流中的地址与结点地址相同时,才被获准接收。

特点:成本较低,稳定性较好,用户增加时,造成线路竞争,通信速率下降。

现场总线是应用在生产现场、在微机化测量控制设备之间实现双向串行多节点数字通信的系统,也被称为开放式、数字化、多点通信的底层控制网络,又被称为工业过程控制领域的局域网。现场总线技术将专用微处理器置入传统的测量控制仪表,使它们各自都具有数字计算和数字通信能力,采用双绞线、电缆和光纤等作为通信介质,把多个测量控制仪表连接成网络系统,并按公开、规范的通信协议,在位于现场的多个微机化测量控制设备之间以及现场仪表与远程监控计算机之间,实现数据传输与信息交换,形成各种适应实际需要的自动控制系统。简而言之,它把单个分散的过程控制设备变成智能控制节点,以现场总线作为传输手段,把它们连接成可以相互交换信息、共同完成协调控制的网络分布式控制系统。

1. 现场总线的发展

1983 年, Honeywell 推出了智能化仪表,它在原模拟仪表的基础上增加了具有计算功能的微处理器芯片,在输出的 4~20 mA 直流信号上叠加了数字信号,使现场与控制室之间的连接模拟信号变为数字信号。之后,世界各大公司推出了各种智能仪表。智能仪表的出现为现场总线的诞生奠定了基础,为现场信号的数字化提供了条件,但不同厂商提供的设备通信标准不统一,束缚了底层网络的发展。现场总线要求不同的厂商遵从相同的制造标准,组成开放的互连网络是现场总线的发展趋势。

2. 现场总线系统的技术特点

现场总线系统打破了传统控制系统采用的按控制回路要求分别对设备进行一对一连线的结构形式,把原先 DCS 系统中处于控制室的控制模块、各输入输出模块放入现场设备,加上现场设备具有的通信能力,进而控制系统功能能够不依赖控制室中的计算机或控制仪

表，直接在现场完成，实现了彻底的分散控制。现场总线控制系统既是一个开放的通信网络，又是一种全分布的控制系统。它把作为网络节点的智能设备连接成自动化网络系统，实现基础控制、补偿计算、参数修改、报警、显示、监控、优化的综合自动化功能，是一项以智能传感器、控制、计算机、数字通信、网络为主要内容的综合技术。现场总线系统在技术上具有以下特点：

(1) 开放性和互用性。通信协议遵从相同的标准，设备之间可以实现信息交换，用户可按自己的需要，把不同供应商的产品组成开放互联的系统。系统间、设备间可以进行信息交换，不同生产厂家的性能类似的设备可以互换。

(2) 系统功能自治性。系统将传感测量、补偿计算、工程量处理与控制等功能分散到现场设备中完成，现场设备可以完成自动控制的基本功能，并可以随时诊断设备的运行状况。

(3) 分散性。现场总线构成的是一种全分散的控制系统结构，简化了系统结构，提高了可靠性。

(4) 对环境的适应性。现场总线支持双绞线、同轴电缆、光缆、射频、红外线、电力线等，具有较强的抗干扰能力，能采用两线制实现供电和通信，并可以满足安全防爆的要求。

由于现场总线结构简化，不再需要 DCS 系统的信号调理、转换隔离等功能单元及复杂的接线，节省了硬件数量和投资。简单的连线设计，节省了安装费用。设备具有自诊断与简单故障处理能力，减少了维护工作量。设备的互换性、智能化、数字化提高了系统的准确性和可靠性。另外，还具有设计简单，易于重构等优点。

3. 几种有影响的现场总线技术

(1) 基金会现场总线。基金会现场总线 (FF) 于 1994 年由美国的 Fisher - Rosemount 和 Honeywell 成立。它以 ISO/OSI 开放系统互联模型为基础，取其物理层、数据链路层、应用层为 FF 通信模型的相应层次，并在应用层上增加了用户层。可支持总线供电和本质安全防爆环境，支持双绞线、光缆和无线发射，协议符合 IEC1158 - 2 标准，传输信号采用曼彻斯特编码。

(2) LonWorks。它由美国 Echelon 公司推出，采用 ISO/OSI 模型的全部 7 层通信协议，采用面向对象的设计方法，通过网络变量把网络通信设计简化为参数设置。支持双绞线、同轴电缆、光缆和红外线等多种通信介质，并开发了本质安全防爆产品，被誉为通用控制网络。采用 LonWorks 技术和神经元芯片的产品，被广泛应用于交通运输、工业过程控制等行业。

(3) PROFIBUS。PROFIBUS 是德国标准 (DIN19245) 和欧洲标准 (EN50170) 的现场总线标准，适用于加工自动化领域，服从 IEC1158 - 2 标准。

(4) HART。HART 最早由 Rosemount 公司开发，其特点是在现有模拟信号传输线上实现数字信号通信，属于模拟系统向数字系统转变的过渡产品。由于它采用模拟数字信号混合，难以开发通用的通信接口芯片。HART 能利用总线供电，可满足本质安全防爆的要求，并可用于由手持编程器与管理系统主机作为主设备的双主设备系统。

(5) CAN。CAN 是控制局域网的简称，由德国 BOSCH 公司推出，它广泛用于离散控制领域。CAN 的信号传输特点：废除传统的站地址编码，采用对通信数据块进行编码，

可以多种方式工作；采用非破坏性仲裁技术，当两个节点同时向网络上传送数据时，优先级低的节点主动停止数据发送，而优先级高的节点可不受影响继续传输数据，有效避免了总线冲突；采用短帧结构，每一帧的有效字节数为 8 个，数据传输时间短，受干扰的概率低，重新发送的时间短；每帧数据都有 CRC 校验及其他检错措施，保证了数据传输的高可靠性，适于在高干扰环境下使用；节点在错误严重的情况下，具有自动关闭总线的功能，切断它与总线的联系，以使总线上其他操作不受影响；可以点对点、一对多及广播集中方式传送和接收数据；满足本质安全防爆的要求，具有较强的抗干扰能力。

二、传输系统的构成

欲将传感器所获取的信息经分站再传送到地面中心站，为了克服传输中的干扰和限制，必须对传输中的信息作若干处理才能达到提高传输效率和可靠性的目的，根据信息传输的共同特点，信息传输系统模型如图 1-5 所示。

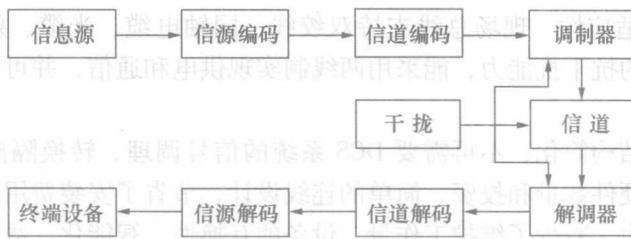


图 1-5 信息传输系统模型

1. 信息源及终端设备

信息源简称信源，是传输系统的发送端，主要是指被测参数经传感器变成的电信号。终端设备是指传输系统的接收端，是进行信号记录、显示和数据处理的设备。

2. 信源编码及解码

信源编码的任务是解决模拟信号的数字化和提高数字信号的有效性。例如，在一定精度要求下，如何用最小的码元素来表示信号，以及如何压缩频带以提高信息传输的效率等。信源解码是信源编码的反变换。

3. 信道编码及解码

在数字式传输系统中，由于信道中存在一定的干扰，因而会造成传输数据码的差错。为了减少差错，提高可靠性，人为地按一定规则增加一些多余的数码与数据码一起传输，在接收端根据附加的数码可发现和纠正数据码的差错，是由信道编码器和解码器来实现的。

4. 调制器及解调器

从信道编码器输出的信号通常是不适于在信道中直接传输的，因而往往需要用被传输的信号对载波进行某种调制，然后用已调载波进行传输。调制器就是实现载波调制的设备。解调器是从已调载波中恢复出调制信号的设备。

5. 信道与干扰

信道是信息传输的媒介。信息在传输过程中不可避免地会存在一些干扰，仅仅为了方