

高等院校规划教材

煤矿安全检测技术与监控系统

MEIKUANG ANQUAN JIANCE JISHU YU JIANKONG XITONG

主 编 薛鹏塞 潘玉民

煤炭工业出版社

高等院校规划教材

煤矿安全检测技术与监控系统

主 编 薛鹏骞 潘玉民

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以安全监测监控为主线,分别阐述了煤矿安全生产的相关规程与标准、电气防爆知识、矿用电源及其应用、矿用安全监控系统的传感器、供断电设备及其控制、分站式监控系统及其典型设备、矿用现场总线及其在监控系统中的应用等内容。

本书可作为自动化、电子、电工、通信、测控技术与仪器、机电、供电等各类电专业和采矿、安全等专业学生的教学用书,也可以作为从事监测、监控技术设计研究的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿安全检测技术与监控系统/薛鹏骞,潘玉民

主编. --北京:煤炭工业出版社,2010

高等院校规划教材

ISBN 978-7-5020-3530-3

I. ①煤… II. ①薛…②潘… III. ①煤矿-矿山安全-检测-高等学校-教材②煤矿-矿山安全-监视控制-高等学校-教材 IV. ①TD76

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第174692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 × 1092mm¹/₁₆ 印张 11¹/₂

字数 271千字 印数 1—1,000

2010年9月第1版 2010年9月第1次印刷

社内编号 6335 定价 34.00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

前 言

煤炭作为我国的主要能源，在一次能源中占有相当大的比例。煤矿生产的工作环境主要是井下，生产过程复杂，条件恶劣，生产环境具有瓦斯、煤尘、地下涌水。新中国成立以来，煤矿生产环境有了很大改变，但煤矿事故时有发生，安全生产形势还不容乐观。

为安全生产，满足现代化管理的需要，煤矿管理人员不仅要掌握参加生产的人员情况，还要对矿井的温度、瓦斯浓度、煤尘浓度等环境参数进行连续监测。同时，还要对煤炭生产过程中的回采、掘进、运输、提升等各个环节使用的机电设备及矿井通风、排水、供电等设备的运行状态和工况参数进行连续监测、监控，以保证安全生产。而利用矿井安全生产监测监控系统就可以实现上述功能。

矿井安全监控系统是保障煤矿安全生产的重要手段，在矿井防灾、减灾方面以及提高生产效率方面起着重要作用，是矿井生产实现现代化的一个重要标志。自2000年以来，随着国家对煤炭企业安全生产要求的不断提高和企业自身发展的需要，我国高瓦斯或瓦斯突出矿井陆续装备了矿井安全生产监测监控系统。矿井安全生产监测监控系统的装备，大大提高了矿井安全生产水平和安全生产管理效率，同时也对该技术的正确选择及使用、设备的维护和企业安全生产信息化管理提出了更高的要求。根据国家安全生产监督管理总局2007年发布的《煤矿安全监控系统及检测仪器使用管理规范》要求，瓦斯矿井必须装备煤矿安全监控系统，因此煤矿井下安全生产监测监控系统成为煤矿生产不可缺少的重要设备。多年来，华北科技学院为该校在校学生开设了《煤矿安全监控系统》课程，并为全国矿山职工开展了煤矿安全监控系统应用培训，为了教学和科研的需要，学校投资建设了“煤矿安全监控系统实训基地”。同时，为了配合教学和培训工作华北科技学院组织校内外专家和教师编写了本书。

全书由薛鹏骞教授、潘玉民副教授任主编，张涛副教授、张全柱教授、叶瑜副教授、郭海文副教授、张晓宇副教授任副主编，滕国仁教授任主审。薛鹏骞制定编写提纲并对全书进行统稿和修改；潘玉民对全书进行统稿整理。具体编写分工如下：张涛编写第1章；郭海文编写第2章；魏景新编写第3

章；张全柱、邓永红编写第4章；薛鹏骞、薛伟宁编写第5章；张晓宇编写第6章；刘永涛、叶瑜编写第7章；潘玉民编写第8章；另外，煤炭科学研究总院矿山安全技术研究分院工程技术人员王鹏、姚永辉、温良分别参加了第2章、第7章、第8章的编写。

本书在撰写过程中融入了编者在教学、科研方面的一些研究成果，同时也参考了许多专家学者的文章著述，在此对所有参考文献著作者表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中难免有不当之处，望读者不吝指正。

编 者

2010年7月

目 次

1 绪论	1
1.1 煤矿安全生产监测监控系统的发展现状与发展趋势	1
1.2 煤矿安全生产监测监控系统的组成	3
1.3 安全监测监控的相关规定	4
复习思考题	8
2 便携式安全生产检测装置	9
2.1 便携式检测装置的电路结构	9
2.2 便携式甲烷检测报警仪	11
2.3 光干涉式瓦斯检定仪	16
2.4 日常使用、维护保养及调校	19
复习思考题	20
3 电气防爆知识	21
3.1 基本概念和通用要求	21
3.2 隔爆型电气设备	27
3.3 本质安全型电气设备	31
复习思考题	39
4 矿用电源及其应用	40
4.1 矿用电源的特点和技术指标	40
4.2 矿用直流线性电源	42
4.3 矿用直流开关电源	49
4.4 矿用备用电源	56
复习思考题	60
5 矿用监控系统传感器	61
5.1 甲烷传感器	61
5.2 一氧化碳传感器	68
5.3 温度传感器	72
5.4 风速传感器	73
5.5 负压传感器	79

5.6	开关量传感器	83
5.7	传感器的设置与调校	86
	复习思考题	94
6	供断电设备及其控制	95
6.1	磁力起动器及其控制	95
6.2	矿用隔爆型馈电开关	103
6.3	风电瓦斯闭锁	117
6.4	甲烷断电仪	121
	复习思考题	124
7	分站式监控系统	125
7.1	概述	125
7.2	KJ83 型分站式煤矿安全监控系统	126
7.3	KJ83N 型煤矿综合监控系统	136
7.4	KJ95 型矿井监控系统	141
7.5	KJ4-2000 型矿井监控系统	146
	复习思考题	153
8	矿用现场总线及其应用	154
8.1	现场总线	154
8.2	矿用现场总线	162
8.3	应用实例	164
	复习思考题	176
	参考文献	177

1.1.2 煤矿安全生产监测监控系统的发展趋势

随着计算机技术、网络技术、微电子技术的不断发展，特别是着眼于我国煤矿安全生产的实际，煤矿安全生产监测监控系统在未来将按照信息化、网络化、自动化的方向发展。

1. 自身性能的不断提高

1) 提高传感器的质量

提高各种类型传感器的质量，特别是要研制高可靠性的瓦斯传感器，使其在智能性、耗能、体积、使用寿命、工作稳定性和调校周期等方面均有所提高和改善。

2) 应用智能化的电气设备

在系统中应用智能化的高压开关柜、高压真空馈电开关、低压真空馈电开关等，向系统提供多参数的信息（如电流、电压、单相/三相漏电电流、开关运行状态、开关机械/电气闭锁状态等），以减少由电气火灾引起矿井瓦斯爆炸的可能性。

3) 使用高性能的运算处理系统

使用运算处理速度更快、运算处理性能更高的 CPU，以提高煤矿安全生产监测监控系统对各种复杂信息的处理能力和处理速度。

另外，使用大屏幕液晶显示技术，可以使煤矿安全生产监测监控系统既能够显示各种表格，又能够显示各种可视图像。

4) 应用新型控制技术

现场总线及现场总线控制系统（FCS）是一种新兴技术，它代表了现场测控技术领域的发展方向。以现场总线控制系统（FCS）技术为基础开发煤矿安全生产监测监控系统是必然趋势，这种新模式必然会促进和推动煤矿电气控制技术的发展，并推动煤矿向采煤自动化方向迈进。

使用以现场总线为基础建立的煤矿安全生产监测监控系统具有现场总线的所有特点，即总线结构、数字串行通信、多点（广播）方式、接受过滤功能、全分散等。

2. 网络性能的不断改善

1) 统一的通信协议

针对通信协议不规范和传输设备物理层协议不规范的问题，应尽快寻找一种解决系统兼容性的途径或制定相应的专业技术标准，这对促进矿井监控技术的发展和系统的推广应用均具有十分重要的意义。

2) 网络化的范围进一步扩大

目前，煤炭企业装配的计算机网络可实现企业内部的资源共享。今后的趋势是全国的煤炭企业进行联网，从而实现更大范围的资源共享。

3. 智能性能的不断增强

1) 提高生产决策的能力

煤矿安全生产监测监控系统不仅能够实现对煤矿生产过程的监测监控，而且还能根据被监测环境的参数进行有效的危险性判别和分析，以提出专家的生产决策方案。

2) 提高预报预测的能力

根据煤矿各种历史数据，煤矿安全生产监测监控系统应能够进行趋势分析，以提高对瓦斯等灾害因素的预报预测能力和水平。

3) 提高预防灾害的能力

在事故即将发生之际，煤矿安全生产监测监控系统能利用安全防护设备，控制灾害发生，减少灾害损失。

1.2 煤矿安全生产监测监控系统的组成

早期的矿井安全生产监测监控系统主要由传感器、断电仪、载波机、传输线、解调器、计算机、调度显示盘等组成。随着计算机技术、网络技术、微电子技术的不断发展，目前的矿井安全生产监测监控系统主要由监测监控终端、地面中心站、通信接口装置、井下分站、各种传感器等组成，其典型结构如图 1-1 所示。

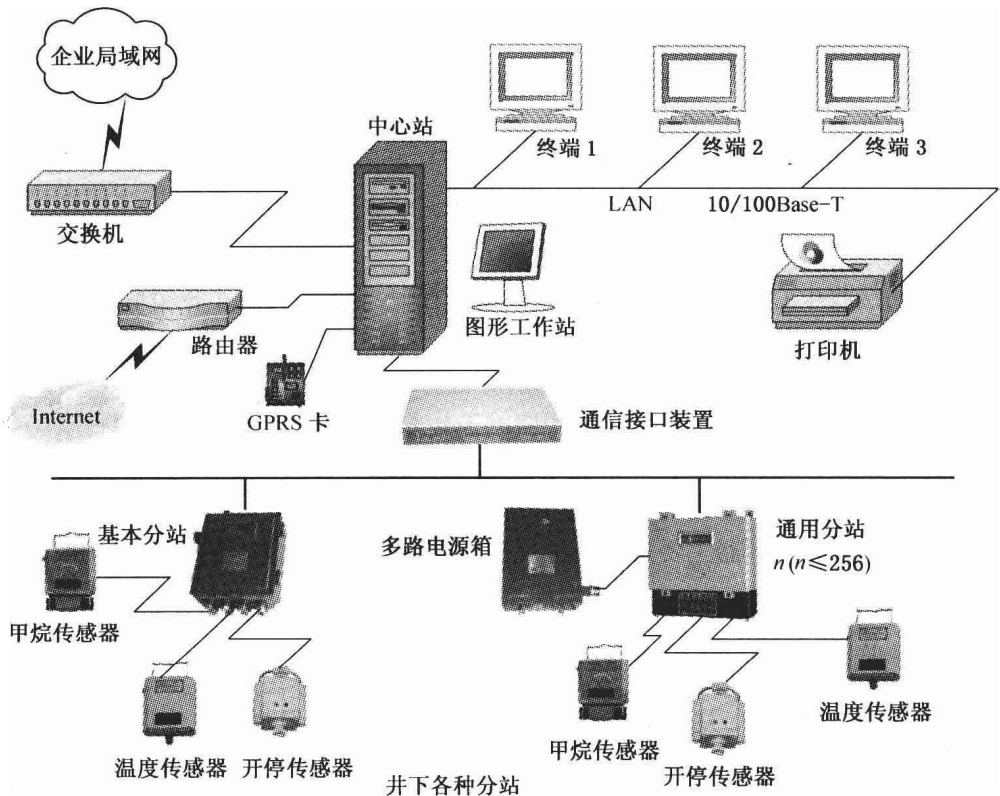


图 1-1 矿井安全生产监测监控系统的典型结构

1.2.1 地面中心站

地面中心站能够实现各种监测数据的处理、显示、查询、存储、打印等功能，另外，操作员发出的设备控制命令也是通过地面中心站完成的。

生产参数的监测主要是指监控井上、井下主要生产环节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、磁力起动器等运行状态和参数等。

环境参数的监测主要是指监测煤矿井下各种有毒有害气体及工作面的作业条件，如高

浓度甲烷气体、低浓度甲烷气体、一氧化碳浓度、氧气浓度、风速、负压、井下空气温度、岩煤温度、顶板压力、烟雾等。

同时，地面中心站也有显示测量参数、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等功能。

1.2.2 井下分站

尽管监控系统的井下分站形式多样，但基本上都具备如下功能：

(1) 开机自检和本机初始化功能。

(2) 通信测试功能。

(3) 分站具有自动控制功能（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）。

(4) 死机自复位功能，且可以通知中心站。

(5) 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）。

(6) 分站自动识别配接传感器类型（电压型、电流型或频率型等）。

(7) 分站本身具备超限报警功能。

(8) 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。

1.2.3 传感器与控制器

目前，国内生产和用于煤矿安全生产监测监控系统的传感器主要有瓦斯、一氧化碳、风速、负压、温度、煤仓煤位、水仓水位、电流、电压和有功功率等模拟量传感器，以及机电设备开停、机电设备馈电状态、风门开关状态等传感器。

煤矿井下使用的控制器主要是指各种规格的断电仪，其主体是由继电器构成，该断电仪的寿命长，可靠性高。

1.3 安全监测监控的相关规定

《煤矿安全规程》中有关安全监测监控的规定主要有一般规定、安装、使用和维护、甲烷传感器和其他传感器的设置。

1.3.1 一般规定

第一百五十七条 煤矿企业应建立安全仪表计量检验制度。

第一百五十八条 所有矿井必须装备矿井安全监控系统。矿井安全监控系统的安装、使用和维护必须符合本规程和相关规定的要求。

第一百五十九条 采区设计、采掘作业规程和安全技术措施，必须对安全监控设备的种类、数量和位置，信号电缆和电源电缆的敷设，控制区域等做出明确规定，并绘制布置图。

第一百六十条 煤矿安全监控设备之间必须使用专用阻燃电缆或光缆连接，严禁与调度电话电缆或动力电缆等共用。

防爆型煤矿安全监控设备之间的输入、输出信号必须为本质安全型信号。

安全监控设备必须具有故障闭锁功能：当与闭锁控制有关的设备未投入正常运行或故

障时，必须切断该监控设备所监控区域的全部非本质安全型电气设备的电源并闭锁；当与闭锁控制有关的设备工作正常并稳定运行后，自动解锁。

矿井安全监控系统必须具备甲烷断电仪和甲烷风电闭锁装置的全部功能；当主机或系统电缆发生故障时，系统必须保证甲烷断电仪和甲烷风电闭锁装置的全部功能；当电网停电后，系统必须保证正常工作时间不小于 2h；系统必须具有防雷电保护；系统必须具有断电状态和馈电状态监测、报警、显示、存储和打印报表功能；中心站主机应不少于 2 台，1 台备用。

1.3.2 安装、使用和维护

第一百六十一条 安装断电控制系统时，必须根据断电范围要求，提供断电条件，并接通井下电源及控制线。安全监控设备的供电电源必须取自被控制开关的电源侧，严禁接在被控开关的负荷侧。

拆除或改变与安全监控设备关联的电气设备的电源线及控制线、检修与安全监控设备关联的电气设备、需要安全监控设备停止运行时，须报告矿调度室，并制定安全措施后方可进行。

第一百六十二条 安全监控设备必须定期进行调试、校正，每月至少 1 次。甲烷传感器、便携式甲烷检测报警仪等采用载体催化元件的甲烷检测设备，每 7 天必须使用校准气样和空气样调校 1 次。每 7 天必须对甲烷超限断电功能进行测试。

安全监控设备发生故障时，必须及时处理，在故障期间必须有安全措施。

第一百六十三条 必须每天检查安全监控设备及电缆是否正常，使用便携式甲烷检测报警仪或便携式光学甲烷检测仪与甲烷传感器进行对照，并将记录和检查结果报监测值班员；当两者读数误差大于允许误差时，先以读数较大者为依据，采取安全措施并必须在 8h 内对 2 种设备调校完毕。

第一百六十四条 矿井安全监控系统中心站必须实时监控全部采掘工作面瓦斯浓度变化及被控设备的通、断电状态。

矿井安全监控系统的监测日报表必须报矿长和技术负责人审阅。

第一百六十五条 必须设专职人员负责便携式甲烷检测报警仪的充电、收发及维护。每班要清理隔爆罩上的煤尘，发放前必须检查便携式甲烷检测报警仪的零点和电压或电源欠压值，不符合要求的严禁发放使用。

第一百六十六条 配制甲烷校准气样的装置和方法必须符合国家有关标准，相对误差必须小于 5%。制备所用的原料气应选用浓度不低于 99.9% 的高纯度甲烷气体。

第一百六十七条 安全监控设备布置图和接线图应标明传感器、声光报警器、断电器、分站、电源、中心站等设备的位置、接线、断电范围、传输电缆等，并根据实际布置及时修改。

1.3.3 甲烷传感器和其他传感器的设置

第一百六十八条 甲烷传感器报警浓度、断电浓度、复电浓度和断电范围必须符合表 1-1 规定。

第一百六十九条 低瓦斯矿井的采煤工作面，必须在工作面设置甲烷传感器。

高瓦斯和煤（岩）与瓦斯突出矿井的采煤工作面，必须在工作面及其回风巷设置甲烷传感器，在工作面上隅角设置便携式甲烷检测报警仪。

表 1-1 甲烷传感器的报警浓度、断电浓度、复电浓度和断电范围

甲烷传感器设置地点	报警浓度	断电浓度	复电浓度	断电范围
低瓦斯和高瓦斯矿井的采煤工作面	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$\geq 1.5\% \text{ CH}_4$	$< 1.0\% \text{ CH}_4$	工作面及其回风巷内全部非本质安全型电气设备
煤(岩)与瓦斯突出矿井的采煤工作面	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$\geq 1.5\% \text{ CH}_4$	$< 1.0\% \text{ CH}_4$	工作面及其进、回风巷内全部非本质安全型电气设备
高瓦斯和煤(岩)与瓦斯突出矿井的采煤工作面回风巷	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$< 1.0\% \text{ CH}_4$	工作面及其回风巷内全部非本质安全型电气设备
专用排瓦斯巷	$\geq 2.5\% \text{ CH}_4$	$\geq 2.5\% \text{ CH}_4$	$< 2.5\% \text{ CH}_4$	工作面内全部非本质安全型电气设备
煤(岩)与瓦斯突出矿井采煤工作面进风巷	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$< 0.5\% \text{ CH}_4$	进风巷内全部非本质安全型电气设备
采用串联通风的被串采煤工作面进风巷	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$< 0.5\% \text{ CH}_4$	被串采煤工作面及其进回风巷内全部非本质安全型电气设备
采煤机	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$\geq 1.5\% \text{ CH}_4$	$< 1.0\% \text{ CH}_4$	采煤机电源
低瓦斯、高瓦斯、煤(岩)与瓦斯突出矿井的煤巷、半煤岩巷和有瓦斯涌出的岩巷掘进工作面	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$\geq 1.5\% \text{ CH}_4$	$< 1.0\% \text{ CH}_4$	掘进巷道内全部非本质安全型电气设备
高瓦斯、煤(岩)与瓦斯突出矿井的煤巷、半煤岩巷和有瓦斯涌出的岩巷掘进工作面回风流中	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$< 1.0\% \text{ CH}_4$	掘进巷道内全部非本质安全型电气设备
采用串联通风的被串掘进工作面局部通风机前	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$< 0.5\% \text{ CH}_4$	被串掘进巷道内全部非本质安全型电气设备
掘进机	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$\geq 1.5\% \text{ CH}_4$	$< 1.0\% \text{ CH}_4$	掘进机电源
回风流中机电设备硐室的进风侧	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$< 0.5\% \text{ CH}_4$	机电设备硐室内全部非本质安全型电气设备
高瓦斯矿井进风的主要运输巷道内使用架线电机车时的装煤点和瓦斯涌出巷道的下风流处	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$			
在煤(岩)与瓦斯突出矿井和瓦斯喷出区域中,进风的主要运输巷道内使用的矿用防爆特殊型蓄电池电机车	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$< 0.5\% \text{ CH}_4$	机车电源
在煤(岩)与瓦斯突出矿井和瓦斯喷出区域中,主要回风巷内使用的矿用防爆特殊型蓄电池电机车	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$\geq 0.7\% \text{ CH}_4$	$< 0.7\% \text{ CH}_4$	机车电源
兼做回风井的装有带式输送机的井筒	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$	$\geq 0.7\% \text{ CH}_4$	$< 0.7\% \text{ CH}_4$	井筒内全部非本质安全型电气设备

表 1-1 (续)

甲烷传感器设置地点	报警浓度	断电浓度	复电浓度	断电范围
瓦斯抽放泵站室内	$\geq 0.5\% \text{ CH}_4$			
利用瓦斯时的瓦斯抽放泵站输出管路中	$\leq 30\% \text{ CH}_4$			
不利用瓦斯、采用干式抽放瓦斯设备的瓦斯抽放泵站输出管路中	$\leq 25\% \text{ CH}_4$			
井下临时抽放瓦斯泵站下风侧栅栏外	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$\geq 1.0\% \text{ CH}_4$	$< 1.0\% \text{ CH}_4$	抽放瓦斯泵

若煤（岩）与瓦斯突出矿井采煤工作面的甲烷传感器不能控制其进风巷内全部非本质安全型电气设备，则必须在进风巷设置甲烷传感器。

采煤工作面采用串联通风时，被串工作面的进风巷必须设置甲烷传感器。

采煤机必须设置机载式甲烷断电仪或便携式甲烷检测报警仪

非长壁式采煤工作面甲烷传感器的设置参照上述规定执行。

第一百七十条 低瓦斯矿井的煤巷、半煤岩巷和有瓦斯涌出的岩巷掘进工作面，必须在工作面设置甲烷传感器。

高瓦斯、煤（岩）与瓦斯突出矿井的煤巷、半煤岩巷和有瓦斯涌出的岩巷掘进工作面，必须在工作面及其回风流中设置甲烷传感器。

掘进工作面采用串联通风时，必须在被串掘进工作面的局部通风机前设甲烷传感器。

掘进机必须设置机载式甲烷断电仪或便携式甲烷检测报警仪。

第一百七十一条 在回风流中的机电设备硐室的进风侧必须设置甲烷传感器。

第一百七十二条 高瓦斯矿井进风的主要运输巷道内使用架线电机车时，装煤点、瓦斯涌出巷道的下风流中必须设置甲烷传感器。

第一百七十三条 在煤（岩）与瓦斯突出矿井和瓦斯喷出区域中，进风的主要运输巷道和回风巷道内使用矿用防爆特殊型蓄电池电机车或矿用防爆型柴油机车时，蓄电池电机车必须设置车载式甲烷断电仪或便携式甲烷检测报警仪，柴油机车必须设置便携式甲烷检测报警仪。当瓦斯浓度超过 0.5% 时，必须停止机车运行。

第一百七十四条 瓦斯抽放泵站必须设置甲烷传感器，抽放泵输入管路中必须设置甲烷传感器。利用瓦斯时，还应在输出管路中设置甲烷传感器。

第一百七十五条 装备矿井安全监控系统的矿井，每一个采区、一翼回风巷及总回风巷的测风站应设置风速传感器，主要通风机的风硐应设置压力传感器；瓦斯抽放泵站的抽放泵吸入管路中应设置流量传感器、温度传感器和压力传感器，利用瓦斯时，还应在输出管路中设置流量传感器、温度传感器和压力传感器。

装备矿井安全监控系统的开采容易自燃、自燃煤层的矿井，应设置一氧化碳传感器和温度传感器。

装备矿井安全监控系统的矿井，主要通风机、局部通风机应设置设备开停传感器，主要风门应设置风门开关传感器，被控设备开关的负荷侧应设置馈电状态传感器。



复习思考题

1. 简述矿井安全生产监测监控系统的组成及其各部分的功能。
2. 《煤矿安全规程》中有关安全监测监控方面的规定有哪些？

2 便携式安全生产检测装置

煤矿安全生产检测装置种类很多，一般分为便携式检测装置和系统式检测装置。便携式检测装置以其质量轻、便于携带等特点，被广泛应用于煤矿中。目前，煤矿用便携式检测装置主要用来检测甲烷、一氧化碳、氧气、硫化氢等，最为常用的是便携式甲烷检测报警仪。

便携式检测装置应当具备以下主要功能：①低功耗；②具有实时数据及时钟显示；③具有声光报警并可设置、调整报警点；④可燃气体传感器高浓度保护功能；⑤可燃气体传感器故障自检，可更换传感器；⑥电池欠压提示。

2.1 便携式检测装置的电路结构

以便携式甲烷检测报警仪为例来介绍便携式检测装置的主要电路结构。

由于便携式检测装置主要采用锂电池供电，而锂电池的标准输出电压为 3.6V，这就要求在选择电子元器件方面从低压器件入手。

2.1.1 整体组成

CPU 的选择首先应该是低电压工作，低功耗，最好集成 A/D 转换功能且精度满足要求。设计选用的 C8051F330 单片机具有 10 位 ADC，转换速率可达 200ksp/s，供电电压为 2.7 ~ 3.6V，能够满足便携式设备的要求。

CPU 及其外围结构如图 2-1 所示。

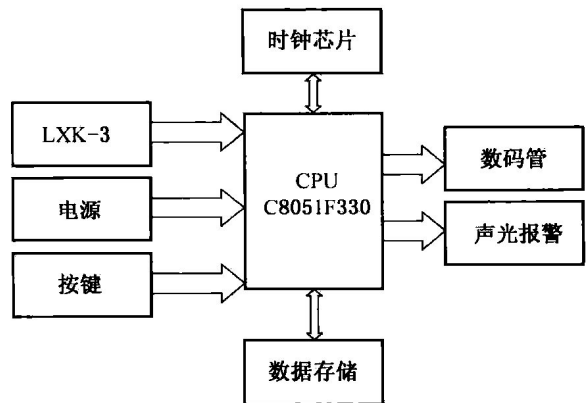


图 2-1 CPU 及其外围结构

2.1.2 传感电路

国外从 20 世纪 30 年代开始研究开发气体传感器。气体传感器主要用于煤气、液化石油气、天然气以及矿井中瓦斯气体的检测与报警，其种类繁多。从原理上可以分为 3 大类：①利用物理化学性质的气体传感器，如半导体、催化燃烧等；②利用物理性质的气体传感器，如热导、光干涉、红外吸收等；③利用电化学性质的气体传感器，如电流型、电势型等。

下面对工业上常用的几种气体传感器作简单介绍。

1) 半导体气体传感器

这类传感器主要使用半导体气敏材料作为气敏元件，根据气敏元件的电阻、电流或电压随气体浓度变化的原理来工作。由于具有灵敏度高、响应快、输出信号强、耐久性强、结构简单、价格便宜等诸多优点，这类传感器得到了广泛的应用。目前，世界上许多国家开展了对半导体气敏材料的研究，其中日本、美国处于领先地位，我国也投入了大量资金和人力进行研究，并取得了一定成果。该传感器已成为世界上产量最大、使用最广的一种

气体传感器。

2) 固体电解质气体传感器

这是一种产量仅次于半导体气体传感器的一类传感器，它使用固体电解质材料作为气敏元件。其原理是气敏材料在通过气体时产生离子，形成电动势，通过测量电动势从而得到气体浓度。由于这种传感器电导率高，灵敏度和选择性好，因而在石化、环保、矿业等领域得到了广泛应用。

3) 接触燃烧式气体传感器

这类传感器可分为直接接触燃烧式气体传感器和催化接触燃烧式气体传感器。其工作原理是：气敏材料在通电状态下，可燃性气体氧化燃烧或在催化剂作用下氧化燃烧，产生的热量使电热丝升温，从而使其电阻值发生变化，通过电阻值的变化从而测量出气体浓度。接触燃烧式气体传感器在环境温度下非常稳定，并能对绝大多数可燃性气体进行检测，普遍应用于石化工厂、造船厂、矿井隧道、浴室、厨房等处可燃性气体的监测和报警。温度和湿度的变化对这类传感器的工作状态影响很小，且选择性好，反应准确，精度高，再现性好。其不足之处是催化剂寿命有限，当可燃性气体与空气的混合物中含有硫化氢等含硫物质的情况下，有些固态物质会附着在催化元件表面，阻塞载体的微孔，从而引起响应缓慢，反应滞缓或中毒，使灵敏度降低。

4) 高分子气体传感器

利用高分子气敏材料制作的气体传感器近年来得到很大发展。高分子气敏材料在遇到特定气体时，其电阻、介电常数、材料表面声波传播速度和频率、材料重量等物理性能会发生变化，在毒性气体和食品鲜度等方面的检测中具有重要作用。高分子气体传感器对特定气体分子的灵敏度高，选择性好，且结构简单，能在常温下使用，可以弥补其他气体传感器的不足。

5) 电化学传感器

这类传感器由膜电极和电解液灌封而成。气体浓度信号将电解液分解成阴阳带电离子，通过电极将信号传出。它的优点是反应速度快，稳定性好，能够定量检测，但寿命较短（大于等于两年），主要适用于毒性气体的检测。目前国际上绝大部分毒气检测采用该类型传感器。

便携式检测装置由于采用低压器件，所以一般选择 LXX-3 传感器。传感器的工作电压为 $(2.8 \pm 0.1) \text{ V}$ ，具有优异的稳定性、重复性和精度，与可燃气体浓度成线性输出，响应速度快。LXX-3 传感器电路如图 2-2 所示。

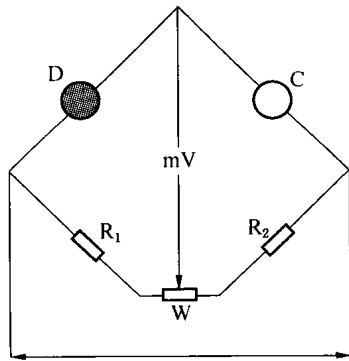


图 2-2 LXX-3 传感器电路

电路中电阻 $R_1 = R_2 = 510\Omega$ ， $W = 300\Omega$ 。调节电位器 W 使传感器输出电压在 $0.5 \sim 2.1 \text{ V}$ 时对应的 CH_4 浓度为 $0 \sim 4\%$ ，适合 C8051F330 的 A/D 电压输入范围。

2.1.3 电源的选择

考虑到设备便携性和使用时间的长久性，选择锂电池作为供电电源。锂电池保护电路如图 2-3 所示。该电路主要由锂电池保护专用集成电路 DW01 和充放电控制 MOSFET 等部分组成，单体锂电池接在 $B+$ 和 $B-$ 之间，电池组从 $P+$ 和 $P-$ 输出电压。充电时，充电器输出电压

接在 P+ 和 P- 之间，电流从 P+ 到单体电池的 B+ 和 B-，再经过充电控制 MOSFET 到 P-。充电过程中，当单体电池的电压超过 4.35V 时，DW01 的 OC 脚输出信号使充电控制 MOSFET 关断，锂电池立即停止充电，从而防止锂电池因过充电而损坏。放电过程中，当单体电池的电压降到 2.30V 时，DW01 的 OD 脚输出信号使放电控制 MOSFET 关断，锂电池立即停止放电，从而防止锂电池因过放电而损坏。DW01 的 CS 脚为电流检测脚，输出短路时，充放电控制 MOSFET 的导通压降剧增，CS 脚电压迅速升高，DW01 输出信号使充放电控制 MOSFET 迅速关断，从而实现过流或短路保护。

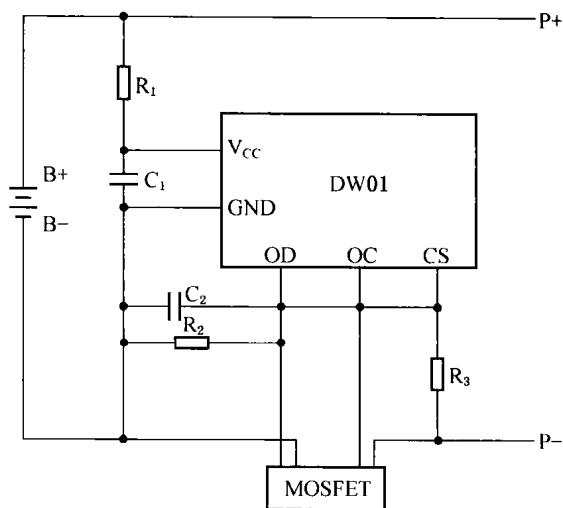


图 2-3 锂电池保护电路

2.2 便携式甲烷检测报警仪

便携式甲烷检测报警仪根据其工作原理可分为很多种，如光干涉式甲烷检测报警仪、热导式甲烷检测报警仪、热催化式甲烷检测报警仪等。目前，国内外广泛采用的是热催化式甲烷检测报警仪，主要原因是热催化式甲烷检测报警仪具有成本低、结构简单、受背景气体和温度影响小、输出信号电流大、信号处理显示方便、易实现自动检测等优点。

2.2.1 热催化式甲烷检测报警仪的工作原理及主要性能指标

1) 工作原理

热催化式甲烷检测报警仪的工作原理是：利用甲烷在催化元件（俗称黑白元件）上的氧化生热（也称无焰燃烧）使催化元件的阻值发生变化，由催化元件和电阻组成的惠斯通电桥失去平衡，当瓦斯在元件表面发生无焰燃烧时，元件温度升高，阻值增大，电桥输出与瓦斯浓度成比例的电压信号，通过测量电信号的大小，达到检测甲烷浓度的目的。根据这一原理制成的便携式甲烷检测报警仪大体分为两类：一类是由电桥输出的信号，直接驱动电表指示甲烷浓度；另一类是电桥输出的信号经放大后，驱动电表或数字电路显示

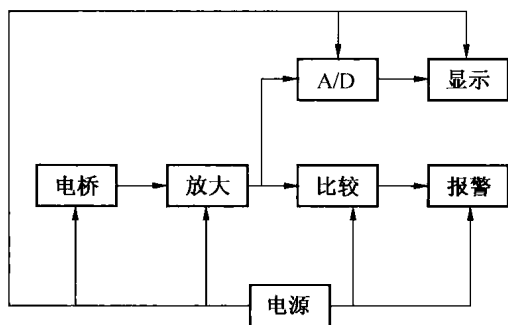


图 2-4 便携式甲烷检测报警仪的电路组成

甲烷浓度，放大后的信号还可连接声光报警电路，提示甲烷浓度超限。图 2-4 所示为便携式甲烷检测报警仪的电路组成，信号经比例放大后分为两路，一路为经 A/D 转换、译码、驱动和数字显示等形成的电路；另一路为经电压比较、驱动和声光报警等形成的电路。

2) 主要性能技术指标

(1) 仪器按使用功能可分为检测仪（以显示功能为主的仪器，以下称 A 类仪器）、报