

煤矿井下安全避险“六大系统”解析

〔编者按〕 本刊于 2010 年第 10 期刊登了由中国矿业大学（北京）副校长孙继平教授撰写的《煤矿安全监控技术与系统》一文，对煤矿井下安全避险“六大系统”之一的“监测监控系统”作了详细解析。文章刊登后，杂志社陆续接到了很多煤炭企事业单位的咨询反馈信息。为了全面指导和推动安全避险“六大系统”的建设和完善，充分发挥《煤炭科学技术》作为技术窗口的作用，本期继续邀请孙继平教授和安标国家矿用产品安全标志中心副主任杨大明研究员，分别对安全避险“六大系统”的“井下人员定位系统”和“紧急避险系统”，从使用要求、管理、技术要点、标准、案例分析及存在的问题和建议等方面进行详细解读。同时，为配合安全避险“六大系统”技术装备的推广，方便煤矿企业选择和安装，在本期前插广告位中刊登了“六大系统”之“监测监控系统”、“井下人员定位系统”和“紧急避险系统”技术装备专题广告。第 12 期将继续解析“压风自救系统”、“供水施救系统”和“通信联络系统”。

煤矿井下人员位置监测技术与系统

孙 继 平

（中国矿业大学（北京）煤炭资源与安全开采国家重点实验室，北京 100083）

摘 要：煤矿井下人员位置监测系统是煤矿井下安全避险“六大系统”之一。研究了煤矿井下人员位置监测系统在遏制超定员生产、事故应急救援、领导下井带班管理、特种作业人员管理、防止人员进入危险区域、及时发现未按时升井人员、持证上岗管理、井下作业人员考勤等方面的作用。提出了系统主要技术要求和测试方法：识别卡与分站之间的无线传输距离不小于 10 m；识别卡位移速度不得小于 5 m/s；识别卡并发数量不得小于 80 个；系统漏读率不得大于 10^{-4} ；识别卡数量应不小于 8 000 个等。提出了系统装备要求：①各个人员出入井口、重点区域出/入口、限制区域等地点应设置分站，并能满足监测持卡人员出/入井、出/入重点区域、出/入限制区域的要求；②巷道分支处应设置分站，并能满足监测持卡人员出/入方向的要求；③下井人员应携带识别卡；④性能完好的识别卡总数，至少比经常下井人员的总数多 10%；⑤矿调度室应设置显示设备，显示井下人员位置等；⑥各个人员出入井口应设置检测识别卡工作是否正常和唯一性检测的装置，并提示持卡人员本人及有关人员。

关键词：煤矿井下；人员；位置监测；定位；安全避险

中图分类号：TD67 **文献标志码：**A **文章编号：**0253-2336（2010）11-0001-05

Personnel Position Monitoring Technology and System in Underground Mine

SUN Ji-ping

（State Key Lab of Coal Resources and Safety Mining, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China）

Abstract: The personnel position monitoring system in underground mine is one of the “six major systems” to keep away from the risks in the underground mine. The paper studied the roles of the personnel position monitoring system in underground mine in the over rated production control, the accident emergency rescue, the mine leader in the underground mine on duty and management, the special operation personnel management, the prevention of the personnel into the dangerous zone, timely finding the personnel not been up to the surface ground according the time schedule, the management of the on post with the certificate, the attendance of the operation personnel in the underground mine and others. The main technical requirements and the measuring method of the system were provided. The wireless transmission distance between the identification card and the substation should not be less than 10 m. The displacement speed of the iden-

tification card should not be less than 5 m/s. The concurrent number of the identification cards issued should not be less than 80. The miss reading rate of the system should not be over 10^{-4} . The identified number of the cards should not be less than 8 000. The requirements of the system equipments were provided. ①The substations shall be installed at the each mine mouth for personnel in/out, the exit and entrance at the important area, the restricted zone and other places and should meet the requirements of the monitored personnel with the card in and out the mine, in and out the important area and in and out the restricted zone. ②The substation shall be installed at the branch of the gateway and shall meet the requirement of the monitored personnel with the cards in the in and out direction of the gateway. ③The personnel in the underground mine shall bring with the identification cards. ④The total number of the identification cards with well performances shall be at less 10% higher than the total number of the day-to-day personnel in the underground mine. ⑤The mine dispatching room shall equip with the display equipment to display the locations of the personnel and others. ⑥The unique detection device shall be equipped at the mine mouth for each person in/out the mine to detect the identification cards in a normal function and would prompt the personnel with the cards and other personnel.

Key words: coal mine underground; personnel; position monitoring; positioning; safely keeping away from risk

《国务院于进一步加强企业安全生产工作的通知》(国发[2010]23号)要求“煤矿和非煤矿山要制定和实施生产技术装备标准,安装监测监控系统、井下人员定位系统、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等技术装备,并于3年之内完成”。《国家安全生产监督管理总局国家煤矿安全监察局关于建设完善煤矿井下安全避险“六大系统”的通知》(安监总煤装[2010]146号)要求“建设完善煤矿井下人员定位系统。发挥井下人员定位系统在定员管理和应急救援工作中的作用。2010年底,中央企业和国有重点煤矿企业要完成井下人员定位系统的建设完善工作。2011年底,其他所有煤矿要完成井下人员定位系统的建设完善工作。”

煤矿井下人员位置监测系统又称煤矿井下人员定位系统和煤矿井下作业人员管理系统。煤矿井下人员位置监测系统具有人员位置、携卡人员出入井时刻、重点区域出入时刻、限制区域出入时刻、工作时间、井下和重点区域人员数量、井下人员活动路线等监测、显示、打印、存储、查询、异常报警、路径跟踪、管理等功能;在遏制超定员生产、事故应急救援、领导下井带班管理、特种作业人员管理、防止人员进入危险区域、及时发现未按时升井人员、持证上岗管理、井下作业人员考勤等方面发挥着重要作用^[1-2]。

1 系统组成及工作原理

煤矿井下是一个特殊而又恶劣的环境,无线电信号传输衰减大,GPS信号不能覆盖煤矿井下巷道,有甲烷等易燃易爆气体。因此,GPS不能用于

煤矿井下。目前煤矿井下人员位置监测系统主要采用RFID技术。部分系统采用漏泄电缆、WIFI和ZigBee等技术,除具有人员位置监测功能外,还具有单向或双向紧急呼叫等功能。

煤矿井下人员位置监测系统一般由识别卡、位置监测分站、电源箱(可与分站一体化)、传输接口、主机(含显示器)、系统软件、服务器、打印机、大屏幕、UPS电源、远程终端、网络接口、电缆和接线盒等组成,如图1所示^[3-4]。

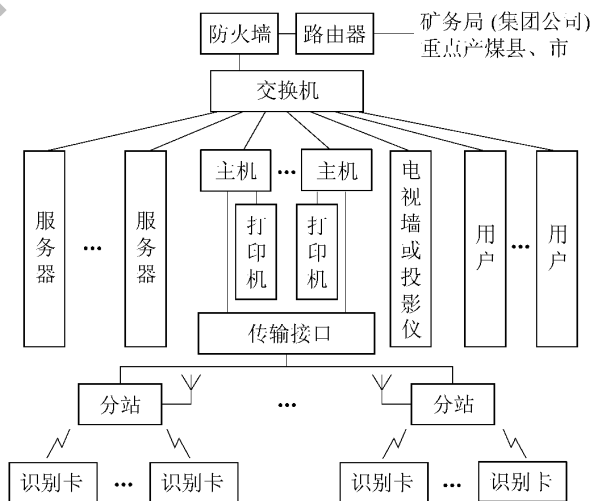


图1 煤矿井下人员位置监测系统

识别卡由下井人员携带,保存有约定格式的电子数据,当进入位置监测分站的识别范围时,将用于人员识别的数据发送给分站。

位置监测分站通过无线方式读取识别卡内用于人员识别的信息,并发送至地面传输接口。

电源箱将交流电网电源转换为系统所需的本质安全型直流电源,并具有维持电网停电后正常供电

不小于 2 h 的蓄电池。

传输接口接收分站发送的信号, 并送主机处理; 接收主机信号, 并送相应分站; 控制分站的发送与接收, 多路复用信号的调制与解调, 并具有系统自检等功能。

主机主要用来接收监测信号、报警判别、数据统计及处理、磁盘存储、显示、声光报警、人机对话、控制打印输出、与管理网络联接等。

2 系统作用及相关标准

2.1 系统作用

煤矿井下人员位置监测系统在遏制超定员生产、事故应急救援、领导下井带班管理、特种作业人员管理、防止人员进入危险区域、及时发现未按时升井人员、持证上岗管理、井下作业人员考勤等方面发挥着重要作用^[1-2]。

1) 遏制超定员生产。通过监控入井人数, 进入采区、采煤工作面、掘进工作面等重点区域人数, 遏制超定员生产。

2) 防止人员进入危险区域。通过对进入盲巷、采空区等危险区域人员监控, 及时发现误入危险区域人员, 防止发生窒息等伤亡事故。

3) 及时发现未按时升井的人员。通过对人员出/入时刻监测, 可及时发现超时作业和未升井人员, 以便及时采取措施, 防止发生意外。

4) 加强特种作业人员管理。通过对瓦斯检查员等特种作业人员巡检路径及到达时间监测, 及时掌握检查员等特种作业人员是否按规定的时间和线路巡检。

5) 加强干部带班管理。通过对带班干部出入井及路径监测, 及时掌握干部下井带班情况, 加强干部下井带班管理。

6) 煤矿井下作业人员考勤管理。通过对入井作业人员, 出/入井和路径监测, 及时掌握入井工作人员是否按规定出/入井, 是否按规定到达指定作业地点等。

7) 应急救援与事故调查技术支持。通过系统可及时了解事故时入井人员总数、分布区域、人员的基本情况。若发生事故时, 系统不被完全破坏, 还可在事故后 2 h 内 (系统有 2 h 备用电源), 掌握被困人员的流动情况。在事故后 7 d 内 (识别卡电池至少工作 7 d), 若识别卡不被破坏, 可通

过手持设备测定被困人员和遇难人员大致位置, 以便及时搜救。

8) 持证上岗管理。通过设置在人员出入井口的虹膜和人脸等检测装置, 检测入井人员特征, 与上岗培训人员的虹膜和人脸数据库资料对比, 没有取得上岗证的人员不允许下井, 特殊情况 (如上级检查等) 需经有关领导批准, 并存储记录。

9) 具有紧急呼叫功能的系统, 调度室可以通过系统通知持卡人员撤离危险区域, 持卡人员可以通过预先规定的紧急按钮向调度室报告险情。

2.2 相关标准

有关煤矿井下人员位置监测系统安装、使用、维护与管理的标准有 AQ 1048—2007 《煤矿井下作业人员管理系统使用与管理规范》^[5]。

有关煤矿井下人员位置监测系统生产、设计、测试与检验的标准有 AQ 6210—2007 《煤矿井下作业人员管理系统通用技术条件》^[6]、MT/T 1004—2006 《煤矿安全生产监控系统通用技术条件》、MT/T 1005—2006 《矿用分站》、MT/T 1007—2006 《矿用信息传输接口》、MT/T 1008—2006 《煤矿安全生产监控系统软件通用技术要求》、MT/T 1081—2008 《矿用网络交换机》、MT/T 1078—2008 《矿用本质安全输出直流电源》、MT/T 772—1998 《煤矿监控系统性能测试方法》、MT/T 899—2000 《矿用信息传输装置》等。

3 主要技术要求

1) 识别卡与分站之间的无线传输距离。煤矿井下人员位置监测系统识别卡与位置监测分站 (读卡器) 之间无线传输距离太远, 将会增大识别卡无线发射功率、天线尺寸、位置监测分站接收灵敏度, 增加设备成本、体积和质量等; 传输距离太近将会增加漏读率等。根据煤矿井下巷道宽度, 并综合考虑煤矿井下无线传输衰减大、持卡人员乘坐的各种运输工具对无线传输的影响、发射功率、接收灵敏度、工作频率等, 通过理论分析和现场测试, 确定识别卡与分站之间的无线传输距离不小于 10 m。

2) 识别卡位移速度。煤矿井下人员位置监测系统识别卡位移速度是指识别卡被正确识别的情况下能具有的最大速度。该指标偏高, 将会影响并发数量和漏读率, 对监测分站 (读卡器) 的阅读速

度和无线传输距离提出较高要求,增大设备成本等。该指标偏低,难以满足人员乘坐各种运输工具的要求等。根据架空乘人装置、乘人输送带、斜井人车、平巷人车、胶轮车等煤矿井下乘人运输工具的移动速度,结合矿井无线传输特点和 RFID 现有技术等,确定了煤矿井下作业人员识别卡的位移速度不得小于 5 m/s 。

3) 并发识别数量。煤矿井下人员位置监测系统并发识别数量是指持卡人员以最大位移速度同时通过识别区时,系统能正确识别的最大数量。该指标偏大,要求监测分站(读卡器)读卡速度快,无线传输距离远,会增大设备成本等。该指标偏低,当进入读卡区人员较多时,会造成漏读等。根据煤矿井下各种乘人运输工具一次乘人数量、现有防碰撞算法和读卡速度等,提出了煤矿井下作业人员识别卡的并发数量不得小于 80 个。

4) 识别卡漏读率。煤矿井下人员位置监测系统漏读率是指持卡人员以最大位移速度和最大并发数量通过识别区时,系统漏读和误读的最大数量与通过识别区的识别卡总数的比值。该指标偏高,将会影响并发识别数量和位移速度,对监测分站(读卡器)的阅读速度和无线传输距离等提出了较高要求,增大设备成本等。该指标偏低,将会出现较大的差错等,难以满足煤矿井下作业人员管理要求。用于地面的 RFID 系统漏读率可达 10^{-5} ,综合考虑煤矿井下人员位置监测系统现有技术水平和煤矿井下安全生产对人员位置监测系统的实际需求等,确定系统漏读率不得大于 10^{-4} 。

5) 识别卡数量。煤矿井下人员位置监测系统识别卡数量指标体现了识别卡的最大编号容量。该指标偏大就会增大编码位数,在其他指标不变的条件下,系统就要有更好的防冲撞算法和较高的传输速率,系统的复杂度也将增大。识别卡在煤矿井下使用易丢失和损坏,需要对识别卡有足够的备用余量,编号也需有备用冗余。针对煤矿井下人员位置监测系统现有技术水平和煤矿井下安全生产对人员位置监测系统的实际需求,提出了识别卡数量应不小于 8 000 个的要求。

6) 识别卡电池寿命。为通过本安防爆检验和型式检验等,部分识别卡与其电池封装在一起,电池不可更换,因此,电池寿命就是整个识别卡寿命。因此,要求不可更换电池的识别卡的电池寿命

应不小于 2 年,可更换电池的识别卡的电池寿命应不小于 6 个月。

7) 识别卡连续工作时间。为满足煤矿井下灾害事故应急救援的需求,并考虑目前识别卡功耗情况及其电池有关技术和产品现状,要求可充电电池的识别卡,每次充电能保证识别卡连续工作时间不小于 7 d。

4 测试方法

根据煤矿井下人员位置监测系统有关技术现状和发展趋势,结合目前测试技术水平,提出了煤矿井下人员位置监测系统的主要技术要求的测试方法,规范了系统测试方法。

1) 最大位移速度测试。最大并发数量的识别卡同时通过分站识别区,测量其正确识别的最大位移速度。

2) 最大并发识别数量测试。以最大位移速度通过分站识别区,测量在正确识别的情况下,识别卡同时通过分站识别区的最大数量。

3) 漏读率测试。最大并发数量 M 的识别卡以最大位移速度通过分站识别区,共通过不低于 $10^4/M$ 次共 L 个识别卡,将每次漏读或误读的个数相加得 N ,漏读率为 N/L 。上述试验次数可以在 1, 3, 5 中选择。

4) 识别卡与分站之间无线传输距离测试。识别卡从识别区外接近分站,直到分站正确识别识别卡时停止,测量识别卡距分站的距离,即识别卡与分站间的无线传输距离。

5) 巡检周期测试。在组成测试系统的 3 个独立识别区域,同时通过 $1/3$ 最大并发数的识别卡,并开始计时,直到主机显示全部相关信息停止计时,所测时间即巡检周期。

6) 分站存储数据时间测试。系统正常运行情况下,断开分站与传输接口的传输电缆,每半小时以一半最大并发数量的识别卡通过分站识别区,共 4 次,然后恢复分站与传输接口的传输电缆,分站应能将 4 次通过分站识别区的识别卡号和时间准确上传至中心站。

7) 识别卡电池寿命测试。通过下式计算识别卡电池寿命 T 为

$$T = C(T_1 + T_2 + T_3) / (T_1 I_1 + T_2 I_2 + T_3 I_3)$$

式中 C ——电池容量;

T_1, T_2 ——识别卡接收和发送时间;

T_3 ——识别卡待机时间;

I_1, I_2 ——识别卡接收和发送状态工作电流;

I_3 ——识别卡待机状态工作电流。

8) 识别卡电池工作时间测试。使可充电电池处于充满状态的识别卡处于正常工作状态, 并开始计时; 直到可充电电池低于最小放电电压或不能保证识别卡正常工作时, 停止计时。识别卡电池工作时间为上述时间的 80%。

5 装备要求

1) 各个人员出入井口、采掘工作面等重点区域出/入口、盲巷等限制区域等地点应设置分站, 并能满足监测持卡人员出/入井、出/入采掘工作面等重点区域、出/入盲巷等限制区域的要求。

2) 巷道分支处应设置分站, 并能满足监测持卡人员出/入方向的要求。

3) 下井人员应携带识别卡。识别卡严禁擅自拆开。

4) 工作不正常的识别卡严禁使用。性能完好的识别卡总数, 至少比经常下井人员的总数多 10%。不固定专人使用的识别卡, 性能完好的识别卡总数至少比每班最多下井人数多 10%。

5) 矿调度室应设置显示设备, 显示井下人员位置等。

6) 各个人员出入井口应设置检测识别卡工作是否正常和唯一性检测的装置, 并提示持卡人员本人及有关人员。识别卡工作正常和唯一性检测可以采用机器与人工配合的方法, 也可采用虹膜、人脸等自动检测方法。煤矿井下人员位置监测系统识别卡正常工作和下井人员每人一张卡, 且仅携带表明自己身份的卡, 这是遏制超能力生产、加强煤矿井下作业人员管理、为应急救援提供技术支持的必要条件。

6 结 语

煤矿井下人员位置监测系统是煤矿井下安全避险“六大系统”之一, 在遏制超定员生产、事故应急救援、领导下井带班管理、特种作业人员管理、防止人员进入危险区域、及时发现未按时升井人员、持证上岗管理、井下作业人员考勤等方面发挥着重要作用。系统主要技术要求和测试方法是实

现系统安全保障作用的关键。因此, 煤矿井下人员位置监测系统必须按照 AQ 1048—2007 《煤矿井下作业人员管理系统使用与管理规范》和 AQ 6210—2007 《煤矿井下作业人员管理系统通用技术条件》等有关标准生产、设计、测试、检验、安装、使用、维护与管理。

参考文献:

- [1] 孙继平. 煤矿井下人员位置监测系统联网 [J]. 煤炭科学技术, 2009, 37 (11): 77-79.
- [2] 孙继平. 煤矿安全生产监控与通信 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2009.
- [3] 孙继平. 煤矿监控系统手册 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007.
- [4] 孙继平. 煤矿安全监控系统 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2006.
- [5] 孙继平, 彭 霞, 卫修君, 等. AQ 1048—2007, 煤矿井下作业人员管理系统使用与管理规范 [S]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007.
- [6] 孙继平, 彭 霞, 卫修君, 等. AQ 6210—2007, 煤矿井下作业人员管理系统通用技术条件 [S]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007.

作者简介: 孙继平 (1958-), 男, 山西翼城人, 教授, 博士生导师, 博士, 中国矿业大学 (北京) 副校长, 长期从事煤矿安全生产监控与通信、安全生产信息化及煤矿电气安全方面的研究和实践工作。Tel: 010-62331929, E-mail: sjp@cumt.edu.cn

收稿日期: 2010-09-03; 责任编辑: 赵 瑞

征 订 启 事

2011 年《煤炭科学技术》杂志定价: 18 元/册, 全年 12 期共 216 元 (含邮费)。本刊可邮局订阅, 邮发代号: 80-337, 也可直接向本编辑部索取订单并办理订购业务, 随时欢迎订阅。

联系地址: 北京市和平里青年沟路 5 号煤炭科学研究总院《煤炭科学技术》编辑部

联系电话: (010) 84262920/2926-8002

传 真: (010) 84262926-8010

电子信箱: cst410@china.com

网 址: www.mtkxjs.com.cn

邮 编: 100013