



文章编号:1671-251X(2015)04-0001-05 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.04.001
孙继平. 煤矿信息化与自动化发展趋势[J]. 工矿自动化, 2015, 41(4): 1-5.

煤矿信息化与自动化发展趋势

孙继平

(中国矿业大学(北京), 北京 100083)

摘要:分析了2004—2013年全国煤矿百万吨事故率、百万吨死亡率、亿吨重特重大事故率和亿吨重特重大事故死亡率。提出融合机器视觉、激光测距、雷达测距和测速、人工智能等的胶轮车和电机车智能无人驾驶方法及矿用机器人与救灾机器人自动导航控制方法。探讨了矿用机器视觉的特点及其在煤矿井下的应用。提出煤矿井下移动通信主要是4G和WiFi技术;5G移动通信传输速度更快、工作频率更高,更适用于煤矿井下。指出较大辐射功率的无线电波不但会引爆瓦斯和电雷管,还会造成人身伤害;较大发射功率和增益的天线,应尽量布置在巷道顶部,远离固定岗位作业人员,避免长时间辐射。提出矿用机器人与救灾机器人宜选用锂电池大马力微电机旋翼无人机,需研究煤矿井下机器人远程无线控制和自动导航控制技术。提出基于气体和温度遥测传感器的采空区火灾监测预警方法。提出了防煤炭盗采监测技术需求。分析了可见光通信用于煤矿井下的优点和不足。

关键词:煤矿; 信息化; 自动化; 机器视觉; 智能导航; 可见光通信

中图分类号:TD67 文献标志码:A 网络出版时间:2015-03-31 08:22

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150331.0822.001.html>

Development trend of coal mine informatization and automation

SUN Jiping

(China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: The paper analyzed accident rate per million tons, death rate per million tons, serious accident rate per one hundred million tons and serious accident death rate per one hundred million tons during 2004—2013. It proposed intelligent unmanned steer methods of rubber-tyred vehicle and electric locomotive, and navigation control method of mine-used robots and disaster rescue robots which mixed with machine vision, laser ranging, radar ranging and velocity measurement and artificial intelligence. It studied characteristics of mine-used machine vision and its application in coal mine. It put forward that underground mobile communication mainly uses 4G and WiFi technologies, and 5G mobile communication with faster transmission speed and higher working frequency which is more suitable for underground. It pointed out that radio wave with larger radiation power not only ignites gas and electric detonator, but also causes personal injury. It also pointed out antenna with larger transmission power and gain should be

收稿日期:2015-03-06;**修回日期:**2015-03-17;**责任编辑:**盛男。

基金项目:国家自然科学基金重点项目(51134024)。

作者简介:孙继平(1958—),男,山西翼城人,教授,博士,博士研究生导师,中国矿业大学(北京)副校长;获国家科技进步二等奖3项(其中作为第1完成人2项、第2完成人1项);作为第1完成人获省部级科技进步一等奖7项;作为第1完成人主持制定中华人民共和国煤炭行业 and 安全生产行业标准26项;主持制定《煤矿安全规程》第三章“通风安全监控”;作为第1作者或独立完成著作11部,发表论文100余篇(其中被SCI和EI检索的第1作者论文70余篇);作为第1发明人获国家专利权40余项;作为国务院煤矿事故调查专家组组长参加了10起煤矿特别重大事故调查工作;E-mail: sjp@cumtb.edu.cn。

installed on top of roadway and far away from fixed post operating personnel, so as to avoid radiation for long time. It proposed mine-used robots and disaster rescue robots should employ unmanned rotorcraft with lithium battery and high power micro motor, and technologies of remote wireless control and automatic navigation control of underground robots should be studied. It put forward monitoring and early warning methods for fire disaster in goaf based on gas and temperature remote measuring sensors. It put forward technology requirements of monitoring for preventing coal mining illegally. It analyzed advantages and shortcomings of underground visible light communication.

Key words: coal mine; informatization; automation; machine vision; intelligent navigation; visible light communication

0 引言

随着煤矿机械化、信息化和自动化程度的提高,中国煤矿安全生产形势逐年好转^[1],百万吨事故率、百万吨死亡率、亿吨重特大事故率和亿吨重特大事故死亡率均大幅下降,分别由 2004 年的 1.858,3.075,2.14 和 51.43,下降为 2013 年的 0.163,0.288,0.38 和 6.60,见表 1。为进一步促进煤矿信息化与自动化技术发展,有必要根据煤矿安全、绿色、高效、智能生产的需求,分析研究煤矿信息化与自动化未来发展趋势,提出急需解决的关键科学技术问题。

表 1 2004—2013 年全国煤矿百万吨事故率和死亡率、亿吨重特大事故率和死亡率									
年份	煤炭产量/亿 t	事故起数/起	百万吨事故率	死亡人数/人	百万吨死亡率	重特大事故起数/起	亿吨重特大事故率	重特大事故死亡人数/人	亿吨重特大事故死亡率
2004	19.6	3 641	1.858	6 027	3.075	42	2.14	1 008	51.43
2005	21.1	3 306	1.567	5 938	2.814	58	2.75	1 739	82.42
2006	23.3	2 945	1.264	4 746	2.037	39	1.67	744	31.93
2007	25.5	2 421	0.949	3 786	1.485	28	1.10	573	22.47
2008	27.2	1 954	0.718	3 215	1.182	38	1.40	707	25.99
2009	29.5	1 616	0.548	2 631	0.892	20	0.68	509	17.25
2010	32.5	1 403	0.432	2 433	0.749	24	0.74	532	16.37
2011	35.0	1 201	0.343	1 973	0.564	21	0.60	350	10.00
2012	37.0	779	0.211	1 384	0.374	16	0.43	273	7.38
2013	37.1	604	0.163	1 067	0.288	14	0.38	245	6.60
累计	287.8	19 870	0.690	33 200	1.154	300	1.04	6 680	23.21

1 智能采煤与运输

1.1 智能采煤

煤矿事故主要发生在采掘工作面^[2],因此,减少采掘工作面作业人员,是实现安全、高效、现代化矿井急需解决的问题。目前,已研制成功液压支架电液控制系统、输送机监控系统、采煤机监控系统等,实现了记忆割煤、工作面巷道远程控制、工作面少人作业^[3]。还需进一步研究采煤工作面地面远程控制和煤岩界面智能识别等技术,实现智能和无人采煤。

1.2 智能运输

为减少煤矿井下作业人员,避免或减少重特大事故发生,提高生产率和设备利用率,已研制成功煤矿供电监控系统、排水监控系统、压风监控系统、带式输送机监控系统、胶轮车运输监控系统、轨道运输监控系统等,实现了煤矿井下变电所、水泵房、压风机等无人值守、地面远程控制^[3]。

现有带式输送机监控系统具有跑偏、打滑、温度、烟雾保护,逆煤流启动、顺煤流停止,地面远程控制等功能。但由于没有可靠的纵撕监控技术,难以实现无人值守、地面远程控制,所以急需研究性能可靠的胶带纵撕监控技术。需研究性能可靠的煤量监控技术,根据运煤量自动调节胶带速度,即有煤开、无煤停、煤多快运(不大于最大允许速度)、煤少慢运,以提高设备运行效率、减少设备磨损、节约能源。

现有胶轮车运输监控系统具有胶轮车位置、速

度、方向、编号、车辆工况等监测,信号机闭锁控制等功能,但没有实现无人驾驶和地面远程控制。需研究融合机器视觉、激光测距、雷达测距和测速、人工智能等的智能驾驶系统,实现无人驾驶和地面远程控制。

现有轨道运输监控系统具有机车位置、速度、方向、编号、车辆工况等监测,电动转载机和信号机闭锁控制等功能,但没有实现无人驾驶和地面远程控制。需研究融合机器视觉、激光测距、雷达测距和测速、人工智能等的智能驾驶系统,实现无人驾驶和地面远程控制。

2 矿用机器视觉与煤矿大数据和物联网

2.1 矿用机器视觉

随着机器视觉技术的发展、矿用高清摄像机和万兆以太网等在煤矿井下的应用,矿用机器视觉将成为煤矿信息化和自动化研究热点。矿井图像监视具有照度低、矿尘大、喷雾影响大、机械振动大、电磁干扰严重、固定与移动并存、TCP/IP 光纤远距离传输、电气防爆、电源电压波动适应能力强等特点^[4]。应根据矿井图像监视特点,进行矿用机器视觉研究。

机器视觉即用机器代替人眼和大脑进行测量和判断。矿用机器视觉将用于矿用机器人、救灾机器人、胶轮车、电机车、采煤机、掘进机等自动导航控制、煤岩界面识别、煤仓煤位和水仓水位监视、煤炭产量监测与防作弊、带式输送机监视、无人值守岗位监视、大型机电设备监视、煤与瓦斯突出和冲击地压报警、下井人员唯一性检测等方面。

2.2 煤矿大数据和物联网

煤矿大数据和物联网研究与应用,既是煤矿安全、高效生产的需要,也是煤矿信息化研究重点。需研究基于大数据和物联网的煤与瓦斯突出、冲击地压、水害、火灾等煤矿重大灾害预警,采、掘、机、运、通等重大关键设备故障诊断与远程维修,矿用安全标志准用产品和设备材料管控,持证上岗与专人操作管控等^[5-6]。

3 矿井移动通信网络与无线电安全

3.1 矿井移动通信网络

为满足煤矿安全生产对矿井移动通信的需求,研制并推广应用了 WiFi、3G 等矿井移动通信系统,研制成功了 4G 矿井移动通信系统。WiFi 是无线接入网络,具有传输速度快、成本低等优点,可用于图像、语音和数据传输,但越区切换性能差,语音移

动通信不如 3G 和 4G。3G 和 4G 是移动通信网,越区切换性能好,特别适合语音通信。但 3G 传输速度慢,难以满足煤矿井下图像传输的需求。今后一段时期内,煤矿井下移动通信主要是 4G 和 WiFi 技术^[2]。随着 5G 等移动通信技术的发展,还需研究 5G 矿井移动通信系统。5G 移动通信系统传输速度快,是 4G 的百倍以上;工作频率更高,更适用于煤矿井下。

3.2 井下无线电安全

为满足煤矿井下移动作业需求,研制并推广应用了矿井移动通信系统、人员定位系统、无线摄像机、无线传感器、无线便携式仪器设备等。较大辐射功率的无线电波,不但会引爆瓦斯和电雷管,还会造成人身伤害^[7]。因此,急需研究井下无线电防爆与无线电人身安全问题;研究发射功率、天线增益、天线设置、工作频率、复用方式、调制方式,纵向导体(电缆、水管、架空线、铁轨等)、金属与非金属支护、设备、巷道截面尺寸、形状、弯曲、分支、倾斜、围岩介质等对无线电防爆和无线电人身安全的影响。

在地面,因天线架设较高、远离人员,一般不会对人身造成伤害。在井下,因巷道高度有限,天线无法高架,天线离井下作业人员较近,同样发射功率和增益的天线就会造成人身伤害。因此,要降低煤矿井下无线电设备的发射功率和天线增益。较大发射功率和增益的天线,要远离固定岗位作业人员,避免人员受到长时间辐射,并尽量布置在巷道顶部。

4 矿用机器人与救灾机器人导航控制

及时掌握煤矿井下事故现场情况,是正确、有效救援,减少人员伤亡的关键。煤矿井下瓦斯爆炸和火灾等事故,会产生大量 CO、CO₂、CH₄ 等有毒有害气体,消耗大量 O₂。当事故现场有毒有害气体浓度较高、O₂ 含量较低时,救护队员难以到达有关区域进行侦察、搜寻和救援。因此,研究煤矿事故侦察、搜寻和救援机器人十分必要。为减少煤矿井下作业人员,避免或减少伤亡事故发生,研究用于带式输送机、采掘工作面等生产环节巡视的矿用机器人也十分必要。研制矿用机器人和救灾机器人,需解决防爆、过障碍和导航控制等难题^[8]。

煤矿井下巷道底板高低不平,有积水、遗煤和矸石。因此,轮式、履带式、蛇形等在地面行走的机器人难以用于煤矿井下。当瓦斯爆炸等造成顶板冒落时,地面行走机器人更难以通过。

无人机具有不受巷道底板高低不平、积水、遗煤

和矸石影响,功率小,便于本质安全防爆等优点,可用于煤矿事故侦察、搜寻和救援。锂电池大马力微电机旋翼无人机有望成为煤矿井下事故侦察和搜寻机器人。煤矿事故侦察和搜寻机器人携带 CO , CO_2 , CH_4 , O_2 和温度等传感器,摄像机和读卡器,进行现场侦察和搜寻。

煤矿井下机器人导航控制主要包括远程有线控制、远程无线控制和自动导航控制等。煤矿井下巷道底板高低不平,有积水、遗煤和矸石,事故后还会有顶板冒落物。因此,煤矿井下机器人远程有线控制十分困难。若采用机器人拖缆(电缆或光缆),长距离电缆或光缆与地面摩擦阻力大,机器人拖不动;若采用机器人放缆,长距离电缆或光缆质量大,机器人背不动。

煤矿井下无线传输衰减严重,特别是巷道弯曲、倾斜和分支进一步加大了煤矿井下无线传输衰减。因此,需针对煤矿井下无线传输特点,研究煤矿井下机器人远程无线导航控制技术。

随着机器视觉、激光测距、雷达测距和测速、人工智能等技术的发展,相关产品体积、质量、功耗和成本的降低,矿用机器人自动导航控制已成为可能。因此,需研制融合机器视觉、激光测距、雷达测距和测速、人工智能等的矿用机器人与救灾机器人自动导航控制技术。

5 采空区煤炭自燃监测预警

煤炭自燃不但会引起矿井火灾,产生 CO 等有毒气体,造成人员伤亡,还会引爆瓦斯。为监测采空区火灾,通常使用束管监测系统,但束管监测系统存在漏气、堵塞、地面分析取样时间长、维护困难等问题。因此,急需研究 CO , CO_2 , C_2H_4 , C_2H_2 , O_2 等气体遥测传感器和温度遥测传感器。通过布置在采空区密闭外的气体遥测传感器和温度遥测传感器,实时监测采空区气体和温度变化情况,并根据预警模型预警。基于气体遥测传感器和温度遥测传感器的火灾监测预警系统,具有实时性强、便于使用及维护等优点。需进一步研究用于采空区温度监测的一次性无线温度传感器;还需进一步研究矿用分布式光纤测温系统采空区光纤布置方法等^[3]。

6 防煤炭盗采监测技术

事故调查表明,超层越界盗采煤炭引发的死亡事故,在煤矿事故中占有较大比例。煤炭盗采具有隐蔽性强、发现难、监管难等特点。为及时发现和监

管煤炭盗采,一些地方管理部门向私营小煤矿派驻矿人员进行监督检查。但由于矿主收买、驻矿监督检查人员业务能力和责任心差等原因,没能及时发现和遏制盗采,进而酿成死亡事故。笔者作为国务院煤矿事故调查专家组组长参加的煤矿特别重大事故调查中,有 4 起是超层越界盗采煤炭引发的特别重大事故:① 2007 年山西省洪洞县瑞之源煤业有限公司“12·5”特别重大瓦斯爆炸事故,死亡 105 人;② 2008 年山西省孝义市安信煤业有限公司“6·13”特别重大炸药爆炸事故,死亡 36 人;③ 2008 年河北省张家口市蔚县李家洼煤矿新井“7·14”特别重大炸药燃烧事故,死亡 35 人;④ 2009 年河南省平顶山市新华区四矿“9·8”特别重大瓦斯爆炸事故,死亡 76 人。因此,急需研究防煤炭盗采监测技术,加强监管,遏制盗采事件发生。

7 矿用可见光通信

可见光通信是以可见光作为信息载体,不使用光纤等有线传输介质,直接在空气中传输光信号的通信方式,其数据传输速率高达 1 Gbit/s。可见光发光二极管 LED 具有比荧光灯和白炽灯切换速度快的特点,是可见光通信的主要光源。LED 可见光通信可利用 LED 显示屏、LED 照明设备、LED 信号灯、LED 汽车前尾灯等,发出肉眼观察不到的高速调制光波信号,对信息进行调制和传输;再使用光电二极管等光电转换器件接收光载波信号,解调后获取信息。可见光通信将照明与通信有机整合在一起,已取得了一些研究成果。

煤矿井下无阳光,利于可见光通信。因此,有必要跟踪可见光通信技术,探讨矿用可见光通信。矿用可见光通信具有如下特点:① 煤矿井下无阳光,光干扰小;② 下井人员必须携带矿灯,LED 本质安全防爆矿灯是发展方向,利于下井人员可见光移动通信;③ 胶轮车和电机车等照明和信号灯、信号机将向 LED 方向发展,利于胶轮车和电机车等可见光移动通信;④ 煤矿井下主要巷道和作业地点必须有足够的照明(《煤矿安全规程》第 473 条)^[9]。LED 具有安全性好、效率高、节能、抗机械振动性能好等优点,是井下照明的发展方向。这便于建立可见光通信基站。

可见光通信是视距通信,巷道弯曲、变坡、分支,机车、设备、通风设施和人员遮挡等影响可见光通信。可见光通信调制和解调电路体积、功耗和成本等,直接影响着矿用可见光通信的发展和应用。因

此,矿用可见光通信还有许多问题需要研究和解决。

8 结语

建设安全、绿色、高效、智能矿井,需要研究智能采煤、智能运输、矿用机器视觉、煤矿大数据、煤矿物联网、矿井移动通信网络、矿井无线电安全、矿用机器人与救灾机器人导航控制、煤矿重大灾害监测报警与预警、防煤炭盗采监测、矿用可见光通信等技术。通过煤矿信息化、自动化和智能化,减少煤矿井下作业人员,减少事故发生,提高生产率、设备利用率和资源采出率,节能减排,既是现代化煤矿的发展方向,也是煤炭安全、绿色、高效、智能开采的必然选择。

参考文献:

[1] 国家煤矿安全监察局. 全国煤矿事故分析报告[R].

2004—2013.

[2] 孙继平. 煤矿事故特点与煤矿通信、人员定位及监视新技术[J]. 工矿自动化, 2015, 41(2): 1-5.

[3] 孙继平. 煤矿监控新技术与新装备[J]. 工矿自动化, 2015, 41(1): 1-5.

[4] 孙继平, 田子建. 矿井图像监视系统与关键技术[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(1): 65-68.

[5] 孙继平. 煤矿事故分析与煤矿大数据和物联网[J]. 工矿自动化, 2015, 41(3): 1-5.

[6] 孙继平. 煤矿物联网特点与关键技术研究[J]. 煤炭学报, 2011, 36(1): 167-171.

[7] 孙继平. 矿井宽带无线传输技术研究[J]. 工矿自动化, 2013, 39(2): 1-5.

[8] 孙继平. 煤矿安全生产监控与通信技术[J]. 煤炭学报, 2010, 35(11): 1925-1929.

[9] 国家安全生产监督管理总局, 国家煤矿安全监察局. 煤矿安全规程[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2011.