



文章编号:1671-251X(2016)10-0001-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.10.001

孙继平, 钱晓红. 煤矿事故与应急救援技术装备[J]. 工矿自动化, 2016, 42(10): 1-5.

煤矿事故与应急救援技术装备

孙继平, 钱晓红

(中国矿业大学(北京), 北京 100083)

摘要:分析了2004—2015年全国煤矿各类事故起数、死亡人数及其占比。分析了现有煤矿事故应急救援技术和装备存在的问题:事故主要靠人工发现,应急救援响应时间长;无抗灾变应急通信与遇险(难)人员精确定位系统,无法及时了解灾情和遇险(难)人员位置;灾区环境远程侦测范围小、可靠性差,难以满足救灾侦测需求;应急预案针对性、适用性差,应急救援决策主要靠经验;人工破拆和支撑救援装备效率低;不能及时、有效控制灾后风流等。提出了煤矿事故应急救援技术和装备关键科学技术问题:①煤矿重特重大事故识别和波及范围判定方法与技术;②基于大数据的智能应急预案和应急救援辅助决策技术;③矿井抗灾变应急通信技术;④遇险(难)人员精确定位技术;⑤火灾、瓦斯煤尘爆炸等灾后风流智能控制技术;⑥遇险人员逃生引导技术;⑦灾变环境侦测飞行机器人技术;⑧灾变环境气体遥感技术;⑨救援通道快速构建技术等。

关键词:煤矿事故; 应急救援; 灾害识别; 应急通信; 精确定位

中图分类号:TD774

文献标志码:A

网络出版时间:

网络出版地址:

Coal mine accident and emergency rescue technology and equipment

SUN Jiping, QIAN Xiaohong

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

Abstract: The paper analyzed the number of various types of accidents, deaths and their ratios in Chinese coal mines from 2004 to 2015, and analyzed existing problems of coal mine accident emergency rescue technology and equipment. Occurrence of accidents mainly relies on manual discover, and emergency response time is long. Emergency communication and precision personnel positioning systems in underground coal mine are vulnerable to disaster, where disaster location and/or personnel position cannot be determined. Remote sensing range of disaster environment is small, the reliability is poor, and it is difficult to meet needs of disaster relief. Emergency scheme has poor pertinence and applicability. Emergency decision making is mainly depended on experience. Efficiency of manual demolition and support rescue equipment is low. Wind flow after disaster cannot be controlled real-timely and effectively, etc. It put forward emergency rescue technology of coal mine accident and key scientific and technical problems of

收稿日期:2016-09-08;修回日期:2016-09-18;责任编辑:李明。

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0801800)。

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》第十一章监控与通信;作为第1作者或独立完成著作12部;被SCI和EI检索的第1作者或独立完成论文80余篇;作为第1发明人获国家授权发明专利37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。

equipment: ① determination method and technology of identification and spread range of serious accidents in coal mine; ② intelligent emergency scheme and rescue assistant decision making technology based on big data; ③ anti disaster emergency communication technology for coal mine; ④ precision personnel positioning technology in disaster (difficult); ⑤ intelligent control technology of wind flow after fire, gas and coal dust explosion disasters; ⑥ evacuation guidance technology for people in distress; ⑦ flying robot technology for monitoring disaster environment; ⑧ gas remote sensing technology in disaster environment; ⑨ rapid construction technology for rescue channel, etc.

Key words: mine accident; emergency rescue; disaster identification; emergency communications; precise positioning

0 引言

煤炭是中国主要能源,约占一次性能源的70%。中国是世界第1大煤炭生产国和消费国,煤炭产量和消费量约占世界50%。煤炭行业是高危行业,瓦斯、水、火、顶板等事故困扰着煤矿安全生产。2004—2015年全国煤矿发生各类一次死亡10人以上重特大事故319起,死亡6 994人,其中重特大瓦斯事故200起,死亡4 649人,分别占62.7%和66.5%,其次是水灾、火灾等^[1-13]。自2004年以来,全国煤矿事故总量、较大事故、重特大事故、百万吨死亡率、亿吨重特大事故死亡率均大幅下降,安全生产形势明显好转。但煤矿安全形势依然严峻,重特大事故时有发生,百万吨死亡率远高于美国、南非等其他主要产煤国家。

快速有效的应急救援是减少事故人员伤亡和财产损失的有效措施。因此,研发煤矿事故应急救援技术与装备具有十分重要的理论意义和实用价值。

1 煤矿事故分析

2004—2015年,中国煤矿共发生死亡事故20 731起,死亡34 729人。其中,顶板事故10 798起,死亡12 689人,分别占52.1%和36.5%,事故起数和死亡人数均最多;瓦斯事故2 331起,死亡10 298人,分别占11.2%和29.7%,事故起数位居第3,死亡人数位居第2;水害事故654起,死亡2 833人,分别占3.2%和8.2%,事故起数位居第5,死亡人数位居第4;火灾事故87起,死亡661人,分别占0.4%和1.9%,事故起数和死亡人数均位居第7;运输事故3 511起,死亡3 928人,分别占16.9%和11.3%,事故起数位居第2,死亡人数位居第3;机电事故881起,死亡888人,分别占4.2%和2.6%,事故起数位居第4,死亡人数位居第5;爆破事故551起,死亡661人,分别占2.7%和1.9%,事故起数和死亡人数均位居第6;其他事故1 918起,死亡2 771人,分别占9.3%和8.0%。2004—

2015年全国煤矿各类事故起数、死亡人数及占比分别见表1、表2。

分析表明,12年来,煤矿瓦斯、顶板、水害、火灾、运输、机电、爆破等各类事故起数和死亡人数均大幅下降,事故总量由2004年的3 641起、死亡6 027人,降低为2015年的352起、死亡598人;顶板事故起数占比和死亡人数占比、爆破事故起数占比和死亡人数占比均大幅下降;水害事故起数占比和死亡人数占比、运输事故起数占比和死亡人数占比均有所上升,机电事故起数占比和死亡人数占比均大幅上升。

2 国家重点研发计划项目“煤矿重特大事故应急处置与救援技术研究”简介

煤矿重特大事故应急救援实践表明,现有技术和装备存在下列问题:①事故主要靠人工发现,应急救援响应时间长;②无抗灾变应急通信与遇险(难)人员精确定位系统,无法及时了解灾情和遇险(难)人员位置;③灾区环境远程侦测范围小、可靠性差,难以满足救灾侦测需求;④应急预案针对性、适用性差,应急救援决策主要靠经验;⑤人工破拆和支撑救援装备效率低;⑥不能及时、有效控制灾后风流等。

因此,国家重点研发计划项目“煤矿重特大事故应急处置与救援技术研究(2016YFC0801800)”(以下简称项目),针对煤矿重特大事故应急处置与救援中灾害辨识、应急响应和抢险救灾3大环节科技问题,研发新一代智能煤矿重特大事故应急救援装备和系统,具有重要的社会效益和经济效益。

项目牵头承担单位为中国矿业大学(北京),项目负责人是孙继平教授,项目执行期限:2016年7月—2020年6月。项目积聚了煤炭行业科学研究、技术开发和装备制造方面的国内一流高校、科研院所和龙头企业,共有中国矿业大学(北京)、中国矿业大学、神华集团、中国煤矿机械装备公司、天地(常州)自动化股份有限公司、北京大学等21家单位。

表 1 2004—2015 年全国煤矿各类事故起数及占比

	年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	累计
瓦斯	起数/起	492	414	327	272	182	157	145	119	72	59	47	45	2 331
	占比/%	13.5	12.5	11.1	11.2	9.3	9.7	10.3	9.9	9.2	9.8	9.2	12.8	11.2
顶板	起数/起	1 985	1 805	1 633	1 299	1 032	805	702	567	366	274	196	134	10 798
	占比/%	54.5	54.6	55.4	53.7	52.8	49.8	50	47.2	47.0	45.4	38.5	38.1	52.1
水害	起数/起	118	109	100	63	59	47	38	44	24	21	19	12	654
	占比/%	3.2	3.3	3.4	2.6	3.0	2.9	2.7	3.7	3.1	3.5	3.7	3.4	3.2
火灾	起数/起	17	11	7	10	11	4	12	4	5	3	1	2	87
	占比/%	0.5	0.3	0.2	0.4	0.6	0.2	0.9	0.3	0.6	0.5	0.2	0.6	0.4
运输	起数/起	582	536	467	409	348	285	246	239	145	109	83	62	3 511
	占比/%	16.0	16.2	15.9	16.9	17.8	17.6	17.5	19.9	18.6	18.0	16.3	17.6	16.9
机电	起数/起	97	105	94	90	106	97	71	57	56	41	36	31	881
	占比/%	2.7	3.2	3.2	3.7	5.4	6.0	5.1	4.7	7.2	6.8	7.1	8.8	4.2
爆破	起数/起	105	89	78	69	39	45	34	32	24	16	13	7	551
	占比/%	2.9	2.7	2.6	2.9	2.0	2.8	2.4	2.7	3.1	2.6	2.6	2.0	2.7
其他	起数/起	245	237	239	209	177	176	155	139	87	81	114	59	1 918
	占比/%	6.7	7.2	8.1	8.6	9.1	10.9	11.1	11.6	11.2	13.4	22.4	16.8	9.3
合计	起数/起	3 641	3 306	2 945	2 421	1 954	1 616	1 403	1 201	779	604	509	352	20 731
	占比/%	17.6	15.9	14.2	11.7	9.4	7.8	6.8	5.8	3.8	2.9	2.5	1.7	100

表 2 2004—2015 年全国煤矿各类事故死亡人数及占比

	年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	累计
瓦斯	人数/人	1 900	2 171	1 319	1 084	778	755	623	533	350	348	266	171	10 298
	占比/%	31.5	36.6	27.8	28.6	24.2	28.7	25.6	27.0	25.3	32.6	28.6	28.6	29.7
顶板	人数/人	2 309	2 058	1 902	1 518	1 222	939	829	665	459	325	292	171	12 689
	占比/%	38.3	34.7	40.1	40.1	38.0	35.7	34.1	33.7	33.2	30.5	31.2	28.6	36.5
水害	人数/人	357	605	417	255	263	166	224	192	122	89	79	64	2 833
	占比/%	5.9	10.2	8.8	6.7	8.2	6.3	9.2	9.7	8.8	8.3	8.5	10.7	8.2
火灾	人数/人	91	58	26	72	111	31	168	34	27	16	4	23	661
	占比/%	1.5	1.0	0.5	1.9	3.5	1.2	6.9	1.7	1.9	1.5	0.4	3.8	1.9
运输	人数/人	605	578	517	453	400	319	281	279	201	124	103	68	3 928
	占比/%	10.0	9.7	10.9	12.0	12.4	12.1	11.5	14.1	14.5	11.6	11.1	11.4	11.3
机电	人数/人	89	105	94	90	109	97	78	57	58	43	37	31	888
	占比/%	1.5	1.8	2.0	2.3	3.4	3.7	3.2	2.9	4.2	4.0	4.0	5.2	2.6
爆破	人数/人	122	101	90	77	55	75	37	35	25	18	19	7	661
	占比/%	2.0	1.7	1.9	2.0	1.7	2.9	1.5	1.8	1.8	1.7	2.0	1.2	1.9
其他	人数/人	554	262	381	237	277	249	193	178	142	104	131	63	2 771
	占比/%	9.2	4.4	8.0	6.4	8.6	9.5	8.0	9.0	10.3	9.7	14.1	10.5	8.0
合计	人数/人	6 027	5 938	4 746	3 786	3 215	2 631	2 433	1 973	1 384	1 067	931	598	34 729
	占比/%	17.4	17.1	13.7	10.9	9.3	7.6	7.0	5.7	4.0	3.1	2.7	1.7	100

研究团队成员长期从事煤矿重大灾害防治及应急救援技术和装置的研发,研究水平及成果在国内煤炭

系统处于领先水平。孙继平教授、武强院士、朱红青教授、周心权教授等,均作为国务院事故调查专家组

组长参加了数十起煤矿水灾、火灾、瓦斯煤尘爆炸等重特大事故调查和应急救援工作。

2.1 项目研究目标与研究内容

2.1.1 项目研究目标

项目将突破煤矿水灾、火灾、瓦斯煤尘爆炸等重特大灾害快速识别、快速响应、智能决策、应急通信、遇险(难)人员精确定位、灾后环境侦测、逃生救援通道保障与构建等技术瓶颈,研发应急救援新装备及支持系统,构建新一代智能煤矿重特大事故应急救援系统,提升煤矿事故应急救援技术与装备水平,提高事故应急救援响应速度和效率,为煤矿事故高效快速处置提供有效的技术和装备保障。

2.1.2 项目研究内容

项目根据煤矿重特大事故应急救援基础理论—关键技术—核心装备—示范应用全链条融合的思路,采用理论分析、实验测试、数值模拟、物理模拟、现场测试等多种方法,开展矿井水灾、火灾、瓦斯煤尘爆炸灾情演变规律等研究;研发煤矿重特大事故应急救援技术及装备等;研发成果示范应用。

项目拟解决矿井水灾、火灾和瓦斯煤尘爆炸灾情演变规律等关键科学问题:① 矿井水灾及其灾情演变规律:矿井水灾识别、灾情演变、时空演化和波及范围预测模型等;② 矿井火灾及其灾情演变规律:矿井火灾识别、灾情演变、时空演化和波及范围预测模型等;③ 矿井瓦斯煤尘爆炸及其灾情演变规律:矿井瓦斯煤尘爆炸识别、灾情演变、时空演化和波及范围预测模型等,二次爆炸危险性预测模型等。

项目拟解决煤矿重特大灾害感知、智能应急预案及应急救援辅助决策、灾害矿井应急通信与人员精确定位、煤矿重大灾害紧急逃生与引导、煤矿灾变环境信息侦测和存储、煤矿重大灾害抢险救灾等关键技术问题:① 煤矿重特大灾害感知技术:水灾、火灾、瓦斯煤尘爆炸等煤矿重特大灾害辨识方法及感知技术等;② 智能应急预案及应急救援辅助决策技术:基于大数据的智能应急预案和应急救援辅助决策技术等;③ 灾害矿井应急通信与人员精确定位技术:矿井抗灾变应急通信技术,遇险(难)人员精确定位技术等;④ 煤矿重大灾害紧急逃生与引导技术:火灾、瓦斯煤尘爆炸等灾后风流智能控制技术,遇险人员逃生引导技术等;⑤ 煤矿灾变环境信息侦测和存储技术:灾变环境侦测飞行机器人技术,灾变环境气体遥感技术等;⑥ 煤矿重大灾害抢险救灾技术:救援通道快速构建技术等。

项目按任务需求分解为9个课题:课题1为矿井水灾识别理论及时空演化模型,课题2为矿井火

灾燃烧特性及烟流扩散规律,课题3为瓦斯煤尘爆炸传播演化规律及识别,课题4为煤矿重大灾害感知技术和装备,课题5为智能应急预案及应急救援辅助决策系统与项目示范应用,课题6为灾害矿井应急通信及人员定位系统,课题7为煤矿重大灾害紧急逃生与引导系统及装置,课题8为煤矿灾变环境信息侦测和存储技术及装备,课题9为煤矿重大灾害抢险技术与装备。

2.2 项目预期成果与效益

2.2.1 项目预期成果

项目将研制10种具有自主知识产权的装置,并通过第三方检测和现场应用:① 水灾感知装置;② 火灾感知装置;③ 瓦斯煤尘爆炸感知装置;④ 灾变环境侦测机器人;⑤ 瓦斯遥感装置;⑥ 逃生引导装置;⑦ 便携式破拆装置;⑧ 便携式支护装置;⑨ 火灾、瓦斯煤尘爆炸灾后风流调控装置与系统;⑩ 逃生通道快速构建装置及系统等。

项目将研发10种具有自主知识产权的系统,并通过现场应用:① 水灾评估系统;② 火灾评估系统;③ 瓦斯煤尘爆炸评估系统;④ 应急通信系统;⑤ 遇险(难)人员精确定位系统;⑥ 应急预案系统;⑦ 辅助决策系统;⑧ 救灾指挥系统;⑨ 紧急逃生支持系统;⑩ 模拟应急救援系统等。

项目拟制修订10项国家/行业技术标准(送审稿);申请100项发明专利、20项计算机软件著作权;公开发表200篇学术论文;出版6部专著;创建2个示范工程。

2.2.2 项目预期效益

通过项目研究,使中国在煤矿重特大事故应急处置与救援技术和装备方面达到国际先进水平,部分达国际领先水平。通过成果应用,将提高事故应急救援响应速度和效率,为减少事故人员伤亡和财产损失提供有效的技术和装备保障,具有重大的社会效益和经济效益。

3 结语

在中国各类煤矿事故中,顶板事故起数和死亡人数均位居第1;瓦斯事故起数位居第3,死亡人数位居第2;运输事故起数位居第2,死亡人数位居第3;水害事故起数位居第5,死亡人数位居第4;机电事故起数位居第4,死亡人数位居第5;爆破事故起数和死亡人数均位居第6;火灾事故起数和死亡人数均居第7。快速有效的应急救援是减少事故人员伤亡和财产损失的有效措施。国家重点研发计划项目“煤矿重特大事故应急处置与救援技术研究

(2016YFC0801800)”将突破煤矿水灾、火灾、瓦斯煤尘爆炸等重特大灾害快速识别、快速响应、智能决策、应急通信、遇险(难)人员精确定位、灾后环境侦测、逃生救援通道保障与构建等技术瓶颈,研发应急救援新装备及支持系统,构建新一代智能煤矿重特重大事故应急救援系统,提升煤矿事故应急救援技术与装备水平,提高事故应急救援响应速度和效率,为煤矿事故高效快速处置提供有效的技术和装备保障。

参考文献:

[1] 孙继平. 互联网+煤矿监控与通信[M]. 北京:煤炭工业出版社,2016.

[2] 国家煤矿安全监察局. 2004 年全国煤矿安全生产状况分析[R]. 2005.

[3] 国家煤矿安全监察局. 2005 年全国煤矿特重大事故分析报告[R]. 2006.

[4] 国家煤矿安全监察局. 2006 年全国煤矿事故分析报

告[R]. 2007.

[5] 国家煤矿安全监察局. 2007 年全国煤矿事故分析报告[R]. 2008.

[6] 国家煤矿安全监察局. 2008 年全国煤矿事故分析报告[R]. 2009.

[7] 国家煤矿安全监察局. 2009 年全国煤矿事故分析报告[R]. 2010.

[8] 国家煤矿安全监察局. 2010 年全国煤矿事故分析报告[R]. 2011.

[9] 国家煤矿安全监察局. 2011 年全国煤矿事故分析报告[R]. 2012.

[10] 国家煤矿安全监察局. 2012 年全国煤矿事故分析报告[R]. 2013.

[11] 国家煤矿安全监察局. 2013 年全国煤矿事故分析报告[R]. 2014.

[12] 国家煤矿安全监察局. 2014 年全国煤矿事故分析报告[R]. 2015.

[13] 国家煤矿安全监察局. 2015 年全国煤矿事故分析报告[R]. 2016.