



文章编号:1671-251X(2014)01-0001-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.01.001

孙继平. 煤矿井下紧急避险与应急救援技术[J]. 工矿自动化, 2014, 40(1): 1-4.

煤矿井下紧急避险与应急救援技术

孙继平

(中国矿业大学(北京), 北京 100083)

摘要:分析了避险专用管线技术,指出煤矿井下安全避险“六大系统”采用避险专用管线,可提高煤矿井下安全避险“六大系统”管线抗灾变能力;但由该专用管线派生出的煤矿井下专用管线避险系统,无法替代煤矿井下通信系统、监测监控系统和人员定位系统,更不能感知灾害。对比分析了救生舱和避难硐室技术特点,指出救生舱具有易受灾害影响、需降温、成本高等缺点。提出煤矿应装备大功率潜水泵;水灾钻孔救援要慎重。提出区队长和班组长宜是兼职救护队员。提出交接班工作尽量在地面完成,以减少井下人员。

关键词:紧急避险; 应急救援; 避险管线; 救生舱; 避难硐室; 潜水泵; 钻孔救援

中图分类号:TD77 **文献标志码:**A **网络出版时间:**2013-12-30 10:15

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13272/j.issn.1671-251x.2014.01.001.html>

Technologies of emergency refuge and rescue used in underground coal mine

SUN Jiping

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

Abstract: The paper analyzed special pipeline technology for emergency refuge, and pointed out that “six systems” with the special pipeline for underground safe refuge can improve anti-disaster ability of pipeline, but the underground safe refuge system derived from the special pipeline cannot replace coal mine communication system, monitoring and control system and personnel positioning system, and it cannot perceive disasters. It compared and analyzed technical characteristics of life-saving shelter and refuge chamber, pointed out that the life-saving shelter has shortcomings of being susceptible by disaster, needs cooling and high cost. It put forward that coal mine should be equipped with high-power submersible pump, and should be careful to use rescue equipments of flood drilling. It proposed area captain and group leaders should be part-time draegerman. It also proposed that hand-over works should try to be completed on the ground, so as to reduce underground personnel.

Key words: emergency refuge; emergency rescue; pipeline of refuge; life-saving shelter; refuge chamber; submersible pump; drilling rescue

收稿日期:2013-12-12;修回日期:2013-12-16。

基金项目:国家自然科学基金重点项目(51134024);国家自然科学基金项目(51074169);国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2012AA062203)。

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6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60余篇);作为第1发明人获国家专利权和软件著作权25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。

0 引言

中国是世界第 1 产煤大国,煤炭产量约占世界总煤产量的 50%。煤炭是中国的主要能源,约占一次能源的 70%。2012 年全国煤炭产量为 36.5 亿 t,全国煤矿发生死亡事故 779 起,死亡 1 384 人,百万吨死亡率为 0.374,远高于美国、南非、俄罗斯等其他主要产煤国家,是美国的 19 倍。2012 年美国产煤总量为 9.32 亿 t,煤矿事故死亡 19 人,百万吨死亡率仅为 0.02。

煤矿井下死亡事故主要有瓦斯、顶板、水灾、火灾、运输、机电、放炮、炸药燃烧和爆炸等。其中,煤矿井下瓦斯爆炸、瓦斯与煤尘爆炸、煤尘爆炸、炸药爆炸等都会造成大量人员死亡。这些遇难人员中,由于一氧化碳中毒和缺氧窒息死亡约占 80%,由于创伤和烧伤致死约占 20%。矿井火灾和炸药燃烧事故中,由于一氧化碳中毒和缺氧窒息死亡的比例更高。事故调查表明,这 80% 的遇难人员是有逃生机会的,但由于煤矿井下紧急避险系统不健全或不合理,使他们失去了生还机会。因此,针对煤矿井下瓦斯、水、火、顶板等事故特点,研究适用的紧急避险和应急救援技术具有十分重要的意义。

1 避险专用管线

为避免或减少瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸、炸药爆炸、顶板冒落等事故对压风、供水、通信、监控、人员定位管线的破坏,避难硐室需接入可靠的压风、供水、通信、监控、人员定位系统。底鼓不严重的矿井,应将全部压风、供水、通信、监控、人员定位管线埋入巷帮与底板夹角处。具有直通地面钻孔的避难硐室,应将压风、供水、通信、监控、人员定位管线可靠布置在直通地面的钻孔中^[1-5]。

底鼓严重的矿井,可采用抗拉伸、抗冲击、防火性能较好的避险专用管线等。避险专用管线主要技术指标如下:(1)抗爆炸冲击不低于 0.8 MPa;(2)拉伸强度不低于 9 MPa;(3)拉断伸长率不低于 300%;(4)抗落锤冲击:2 kg 重锤在 3 m 高处落下,管线无裂纹和破坏。煤矿井下安全避险“六大系统”采用该专用管线,可提高煤矿井下安全避险“六大系统”管线抗灾变能力。但由该专用管线派生出的煤矿井下专用管线避险系统,无法替代煤矿井下通信系统^[6-7]、监测监控系统^[8-9]和人员定位系

统^[10],更不能感知灾害。

1.1 供电问题

为解决监测监控系统及人员定位系统井下分站、通信系统井下用电设备等供电问题,煤矿井下专用管线避险系统采用地面本安供电(供电距离不大于 2 km),或地面向井下交流 660 V 远程供电。

中华人民共和国安全生产行业标准 AQ6201-2006《煤矿安全监控系统通用技术要求》^[11]、中华人民共和国安全生产行业标准 AQ6210-2007《煤矿井下作业人员管理系统通用技术条件》^[12]、中华人民共和国煤炭行业标准 MT/T1115-2011《多基站矿井移动通信系统通用技术条件》^[13]等有关标准均要求井下分站(或基站)至地面最大传输距离不小于 10 km。显然,地面向井下 2 km 供电,既不符合煤矿监测监控系统、人员定位系统和通信系统有关标准要求,也难以满足煤矿安全生产需要。

采用地面向井下交流 660 V 供电,当煤矿井下发生瓦斯超限、瓦斯突出、瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸、局部通风机停风时,必须切断相关区域或煤矿井下全部非本质安全防爆电源,这不但包括系统中隔爆兼本质安全电源、分站和基站,更包括没有防爆功能、但又担负地面向井下交流 660 V 供电的避险专用管线。若瓦斯达到爆炸浓度,避险专用管线中 660 V 供电线路继续供电,由于顶板冒落等造成避险专用管线中的 660 V 供电线路产生短路或断路火花,均会引起瓦斯爆炸。因此,煤矿井下发生瓦斯超限、瓦斯突出、瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸时,必须切断避险专用管线中的 660 V 供电电源,这必将影响监测监控、人员定位、通信联络系统的正常工作。

1.2 灾害感知问题

煤矿井下专用管线避险系统配有甲烷、一氧化碳、二氧化碳、温度、水位、震动、冲击等传感器(该系统称为感知装置)。

该系统试图通过异常震动等信息分析瓦斯煤尘爆炸及煤岩动力现象发生的可能位置及范围。异常震动要在理论分析、试验研究和大量现场测试数据的基础上取得,进而给出瓦斯煤尘爆炸及煤岩动力现象的特征频率和强度等,并要区分放顶煤落煤震动、采空区顶板垮落震动、采煤震动、掘进震动、放炮震动、运输震动等。并且,仅靠上述传感器感知瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸是远远不够的。因此,该系统难以感知瓦斯煤尘爆炸及煤岩动力现象。

煤矿井下专用管线避险系统试图通过水位和流量等信息分析水害可能发生位置、水深及水量变化情况,感知透水情况。这就要求,当水害事故发生时,系统中的传感器、分站及分站电源、接线盒、接插件等在水下可以正常工作。否则,当透水事故发生时,被水淹的分站及分站电源等设备将无法正常工作,无法将有关信息传输到地面分析处理。现有系统的防护等级显然不能满足水淹时正常工作的要求。并且,通过水位和流量等信息分析水害可能发生位置、水深及水量变化情况,还有许多工作要做。

2 救生舱

救生舱同避难硐室相比,具有易受灾害影响、需降温、成本高等缺点。

2.1 救生舱易受灾害影响

避难硐室在煤岩中建造,只有门及门侧暴露在巷道中。因此,当发生瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸、矿井火灾、炸药爆炸、顶板冒落等事故时,主要是对暴露在巷道中的门及门侧的破坏,对避难硐室整体影响较小,对接入避难硐室、埋入底板的压风、供水、通信、监控、人员定位等管线影响较小。当发生矿井火灾、瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸、炸药爆炸等事故时,只有门及门侧会受到高温炙烤。

而救生舱完全暴露在巷道中。因此,当发生瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸、炸药爆炸等事故时,强大的爆炸冲击波除可破坏救生舱舱门外,还会使救生舱倾倒、变形和位移,进而拉断与救生舱相连的压风、供水、通信、监控等管线,对救生舱影响较大。当发生矿井火灾、瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸、炸药爆炸等事故时,救生舱的全部表面会受到高温炙烤。

2.2 救生舱需主动降温

在温度较低的煤岩中建造的避难硐室,可以通过煤岩降温,不需设置降温设备。这不但降低了建造成本、提高了硐室利用率,还避免由于使用二氧化碳高压气瓶带来新的事故隐患。

矿井火灾、瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸、炸药爆炸等事故会产生大量热量。为减少这些事故产生的热量对救生舱舱内的影响,完全暴露在巷道中的救生舱需采用隔热材料和措施。而采用隔热材料和措施的救生舱,当避险人员进入救生舱后,人体温度和呼出的气体,会使舱内升温,逐渐达到避险人员无法承受的温度。因此,救生舱需设置降温设备和系统进

行降温。目前,救生舱降温技术主要有蓄冰制冷和高压二氧化碳膨胀制冷。蓄冰制冷的储冰和制冷设备占据了大量救生舱空间,降低了救生舱利用率。蓄冰制冷平时要维持冰的状态,增加了维护成本;当瓦斯超限时,需切断电动制冷机电源。高压二氧化碳膨胀制冷的二氧化碳高压气瓶等占据了大量救生舱空间,降低了救生舱利用率。二氧化碳高压气瓶是高压容器,这些高压容器由于产品质量问题或使用管理不当,将会引发高压容器伤人事故。

2.3 救生舱宜扩帮布置

采掘工作面作业人员一般为数十人,因此,需布置数个救生舱。可容纳 10 人的救生舱,一般长度不小于 8 m,高度约为 1.8 m,宽度约为 1.4 m。数个救生舱设置在巷道中,会增加通风阻力,影响正常通风;当发生瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸、炸药爆炸等事故时,爆炸冲击波会造成救生舱倾倒和变形,使遇险人员无法进入救生舱或救生舱漏气。在煤岩中构建硐室设置救生舱,由于硐室深度达 8 m 多深,不能采用扩散通风,因此,不宜采用救生舱轴线与巷道轴线垂直布置。救生舱宜采用扩帮布置,即扩帮宽度不小于救生舱宽度,将救生舱置于扩帮后的空间,救生舱轴线与巷道轴线平行布置。

3 大功率潜水泵

据统计,由老空水导致的矿井较大和重大以上水害事故分别占水害事故的 90%(表 1)和 82.76%(表 2)。因此,防治老空水导致的水害事故是矿井水害防治的重点。

表 1 2008 年—2012 年全国煤矿较大水害事故

年份	共计 次数	老空水		地下水(奥灰水、 溶洞水等)		地表水(洪水、 河流溃水等)	
		次数	比例	次数	比例	次数	比例
2008	17	14	82.35%	0	0%	3	17.65%
2009	16	14	87.50%	1	6.25%	1	6.25%
2010	13	12	92.31%	1	7.69%	0	0%
2011	16	15	93.75%	1	6.25%	0	0%
2012	8	8	100%	0	0%	0	0%
合计	70	63	90.00%	3	4.29%	4	5.71%

发生矿井水灾事故后,救护队需远距离运送潜水泵,进行排水工作。矿井水位上升或下降,取决于涌水量是否大于排水量。涌水量大于排水量则水位上升,反之水位下降。如果煤矿井下使用卧泵,当淹

表 2 2008 年—2012 年全国煤矿重大以上水害事故

年份	共计 次数	老空水		地下水(奥灰水、 溶洞水等)		地表水(洪水、 河流溃水等)	
		次数	比例	次数	比例	次数	比例
2008	8	8	100%	0	0%	0	0%
2009	4	3	75%	1	25%	0	0%
2010	6	4	66.66%	1	16.67%	1	16.67%
2011	6	5	83.33%	0	0%	1	16.67%
2012	5	4	80%	0	0%	1	20%
合计	29	24	82.76%	2	6.90%	3	10.34%

泵后,水泵停止工作,这时,井下水位迅速上升。如果采用大功率潜水泵,无论井下水位多高,均不影响潜水泵正常工作,对于涌水量有限的老空水,会出现排水量大于涌水量的时候。这将避免整个矿井全部被淹,为被困人员创造逃生机会,减少救援时间。

当发生透水事故时,由于被困人员所处的环境是压缩空气,所以,巷道中水位会高于被困人员位置,如果进行地面钻孔救援,钻孔打通被困人员所在位置后,被困人员环境的空气压力将迅速降低,其水位将迅速上升,将会给在这里的避险人员带来灭顶之灾。因此,发生矿井水灾事故时,对被困人员钻孔救援要慎重。当被困人员避险地点低于矿井水时,不宜对被困人员地点钻孔救援。

4 区队长和班组长宜是兼职救护队员

中华人民共和国安全生产行业标准 AQ1008-2007《矿山救护规程》规定:“救护队驻地至服务矿井的距离,以行车时间不超过 30 min 为限”,“救护队接警后在 1 min 内出动,不需乘车出动时,不得超过 2 min”。不难看出,救护队接警后,救护队到达事故矿地面井口的时间可达 30 min,下井实施救护的时间将会更长。因此,将身体状况符合要求的区队长和班组长,经培训合格后,作为兼职救护队员,具有救援响应时间短、熟悉井下环境及逃生路线等优点,为应急救援赢得了宝贵时间。

5 减少井下交接班人数,降低事故伤亡

为减少交接班对煤炭生产的影响,交接班一般

在煤矿井下进行。交接班期间,煤矿井下人数大大增加。在交接班期间,如果煤矿井下发生瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸、矿井火灾、炸药爆炸或燃烧、透水等事故,将会造成大量人员伤亡。因此,要减少煤矿井下交接班人数,除必须在现场交接的工作外,交接班工作尽量在地面完成,地面最安全。

6 结语

瓦斯、水、火、顶板、机电等事故困扰着煤矿安全生产。因此,需要通过减少井下交接班人数,区队长和班组长兼做救护队员,装备大功率潜水泵,建立基于压缩氧自救器、逃生通道、避难硐室的紧急避险系统等措施,减少煤矿井下事故伤亡。

参考文献:

- [1] 孙继平. 煤矿井下紧急避险关键技术[J]. 煤炭学报, 2011,36(11):1890-1894.
- [2] 孙继平. 煤矿井下避难硐室与救生舱关键技术研究[J]. 煤炭学报, 2011,36(5):713-717.
- [3] 孙继平. 煤矿井下紧急避险系统研究[J]. 煤炭科学技术, 2011,39(1):69-71.
- [4] 孙继平. 井下紧急避险系统避难硐室建设方法与技术[J]. 煤炭科学技术, 2013,41(9):40-43.
- [5] 孙继平. 煤矿井下安全避险“六大系统”的作用和配置方案[J]. 工矿自动化, 2010,36(11):1-4.
- [6] 孙继平. 矿井通信技术与系统[J]. 煤炭科学技术, 2010,38(12):1-4.
- [7] 孙继平. 现代化矿井通信技术与系统[J]. 工矿自动化, 2013,39(3):1-5.
- [8] 孙继平. 煤矿安全监控技术与系统[J]. 煤炭科学技术, 2010,38(10):1-4.
- [9] 孙继平. 安全高效矿井监控关键技术研究[J]. 工矿自动化, 2012,38(12):1-5.
- [10] 孙继平. 煤矿井下人员位置监测技术与系统[J]. 煤炭科学技术, 2010,38(11):1-4.
- [11] AQ6201-2006 煤矿安全监控系统通用技术要求[S].
- [12] AQ6210-2007 煤矿井下作业人员管理系统通用技术条件[S].
- [13] MT/T1115-2011 多基站矿井移动通信系统通用技术条件[S].