机电与自动化

煤矿井下紧急避险系统建设模式探讨

王振平[1,2]，李 伟[2]，郝迎格[2]，王 旭[1,2]
(1. 西安科技大学，陕西 西安 710054；2. 兖州矿业（集团）有限责任公司，山东 邹城 273500)

摘 要： 在分析我国煤矿井下安全开采状况，可能发生的灾害事故类型及特点、人员分布、避险需求等因素的基础上，探讨煤矿井下紧急避险系统的设计原则，确定避险设施的类型，设计建设了“永久避难硐室+临时避难硐室+过渡站+安全绳”的井下硐室紧急避险系统。该系统具有投资少，安全可靠，适合于我国煤矿井下作业人员多等特点，满足突发紧急情况下矿工安全避险需要。

关键词： 紧急避险；避难硐室；避险系统；煤矿
中图分类号： TD67 **文献标志码：** A **文章编号：** 0253-2336(2012)05-0066-04

Discussion on Establishing Mode of Emergency Refuge System in Underground Mine

WANG Zhen-ping[1,2], LI Wei[2], HAO Ying-ge[2], WANG Xu[1,2]
(1. *Xi'an University of Science and Technology, Xi'an* 710054, *China*;
2. *Yanzhou Coal Mining Group Corporation Ltd.*, *Zoucheng* 273500, *China*)

Abstract: Based on the analysis on the safety mining status of the underground coal mine in China, the type and features of the disaster accidents possibly occurred, the personnel distribution, the refuge requirements and other factors, the design principle of the underground mine emergency refuge system was discussed, the refuge facility types were determined, an underground mine chamber emergency refuge system with permanent refuge chamber + temporary + transition station + safe rope was designed and constructed. The system with a large space, less investment, safety and reliability would be suitable for the features of many operation personnel in underground mine and could meet the safety refuge requirement of the coal miners under the sudden emergency condition.

Key words: emergence refuge; refuge chamber; emergency refuge system; coal mine

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

《国务院关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校准，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”。其中监测监控、人员定位、压风自救、供水施救和通信联络在煤矿日常建设中已经基本完善，但煤矿井下紧急避险系统亟待建设。我国煤矿主要是井工开采，露天矿井仅占0.3%，产能占5%左右，远低于其他主要产煤国家。由于井工开采生产系统运行的复杂性，作业环境恶劣、致灾因子多且动态变化，各种条件的相互影响，因此，煤矿开采的风险性高，事故发生的危害性大。近年来，我国不断提高装备和技术水平，但随着矿井开采强度增加，开采深度延深，自然条件还在不断恶化，瓦斯、火、水、冲击地压及热害等自然灾害危险性增大，矿井生产形势依然严峻。在井下发生紧急情况时，避险人员配戴随身携带的隔离式自救器撤离至避难硐室，实现矿工在硐室系统的掩护下成功逃生或等待救援，对于保障职工生命安全是十分必要的。

1 我国煤矿开采安全特点分析

煤矿安全状况受多方面因素的制约，与煤矿自

收稿日期：2012-01-04；责任编辑：赵 瑞
作者简介：王振平（1965—），男，安徽巢湖人，研究员。Tel：0537-5386380，E-mail：wangzhenping@ykjt.cn
网络出版时间：2012-05-15 14：31；网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120515.1431.019.html
引用格式：王振平，李 伟，郝迎格，等. 煤矿井下紧急避险系统建设模式探讨[J]. 煤炭科学技术，2012，40(5)：66-69.

然条件和采煤技术有很大的相关性。我国大陆由众多小型地块多幕次汇聚而成，在汇聚过程中使煤盆地经受挤压、碰撞、俯冲产生强烈变形。近代由于印度板块不断向中国大陆凸入，致使煤田原地应力增高。相比由分裂板块构成的美国、澳大利亚等煤田，我国煤田地质条件要复杂得多，这给煤矿安全生产带来了瓦斯压力大、地应力高、地温高等自然灾害难题。通过对煤矿安全生产的主要影响因素分析，按安全开采的条件难易程度，将煤矿安全生产划分为 3 种类型的矿井。

1）开采条件简单型矿井，这种矿井地质构造简单，资源赋存条件好，自然灾害少，开采条件好（如神东矿区）。该类型矿井主要依靠先进装备来实现矿井的安全开采，即装备主导型矿井。这类型矿井用人较少、安全生产较好。

2）开采条件中等型矿井，这种矿井地质构造较为简单，但存在某种类型的自然灾害，如煤层自燃、顶板冒落、冲击地压等灾害（如兖州矿区）。该类型矿井除了要有先进的装备外，还要有防治灾害的先进技术，即技术与装备主导型矿井。这类矿井效益好，但用人多，安全生产难度相对较大。

3）开采条件复杂型矿井，这种矿井开采地质条件复杂，矿井灾害尤其是瓦斯灾害严重（如云南、贵州、重庆、四川的多数煤矿）。这类煤矿安全开采难度很大，需要有高技术、高素质的职工队伍，属技术主导型。但由于这类矿井开采成本高，用人多，效益差，技术装备、人员素质都难以满足安全生产需要，安全生产难度大。

综上所述，我国煤矿安全生产发展极不平衡，加上 95% 的煤矿为井工开采，地质条件非常复杂，灾害类型多，生产管理用人多，给紧急避险系统建设提出了新的要求。

2　井下紧急避险系统模式的探讨

国外紧急避险设施按设置方式分为固定式和可移动式。固定式采用避难硐室，可移动式分别是钢制救生舱和可充气式救生舱。以可移动式救生舱为主的紧急避险系统适用于大断面、多巷布置形式以及整体装备移动方便的矿井，因井下作业人员少，少量救生舱即可满足要求，美国煤矿以这种形式为主。以硐室为主的紧急避险系统其内部空间大，容量大，适合于煤矿井下作业人员多的特点，投资少。南非煤矿以避难硐室为主，较少使用可移动式救生舱。澳大利亚主要装备自救器更换站，以优先逃生为第一原则，保证职工遇险时逃生的需要。

在我国条件简单的矿井，其开采技术条件、巷道布置、技术装备、井下职工数量等和美国井工矿相似，可采用救生舱模式。由于我国多数煤矿井下作业人员多，如果采用救生舱，一是救生舱容纳人数少，需要数量众多的救生舱，投资大，经济不合理；二是巷道断面小，特别是长距离单巷布置的，需在巷帮施工硐室，安装、移动比较困难；三是救生舱内部空间狭窄，不适合长时间避险需要。因此，我国多数矿井更适合避难硐室为主的模式。

兖矿集团作为我国首批矿井紧急避险系统建设的试点企业之一，在试点建设中，根据煤矿特点，在硐室模式的基础上，借鉴澳大利亚自救器更换站的思路，坚持先逃生、后避险的理念，本着科学合理、安全可靠、因地制宜、简单实用的原则，设计建设了永久避难硐室、临时避难硐室、过渡站和安全绳相结合的井下紧急避险系统。

3　井下紧急避险系统设计原则

1）在具有针对性地研究井下环境特点，开采布局，可能发生的灾害事故类型及特点，人员分布等因素的基础上，科学选择避险设施类型，以满足突发紧急情况下矿工安全撤离和避险需要为原则。

2）从采掘工作面步行，凡在自救器所能提供的额定防护时间内不能安全撤到地面的，根据自救器的额定防护时间和人的步行速度，确定在距离采掘工作面 1 000 m 范围内建设避难硐室。对于采区内零星岗点、流动作业人员（周围无避难硐室的、随身佩戴的自救器防护时间内不能到达井底车场的遇险人员），应在距离采区零散作业地点不大于 1 000 m 或距离采区避难硐室 1 500 m（避险人员更换避难硐室配备的 45 min 隔离式自救器后，平巷撤离有效防护距离；上下山撤离有效防护距离应实测确定）范围内建设过渡站。

3）紧急避险设施应布置在稳定的岩层中，避开地质构造带、高温带、应力异常区以及透水危险区。前后 20 m 范围内巷道应采用不燃性材料支护，且顶板完整、支护完好，符合安全出口的要求。布置在煤层中时，应有控制瓦斯涌出和防止瓦斯积聚、煤层自燃的措施。

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

4) 紧急避险设施的设置应与矿井避灾路线相结合，并有清晰、醒目、牢靠的标识。

5) 紧急避险设施应与矿井安全监测监控、人员定位、压风自救、供水施救、通信联络等系统相连接，形成井下整体性的安全避险系统。

4 系统的构成及功能

煤矿井下硐室模式紧急避险系统具有供氧、降温、有害气体处理、通信、应急供电、环境监测、个体防护等 7 大功能。主要包括永久避难硐室、临时避难硐室和过渡站等。系统构成如图 1 所示，永久避难硐室的保障人员范围是距离井底车场较远采区；临时避难硐室保障人员范围是采掘工作面；过渡站保障人员范围是零星岗点、流动作业人员(周围无避难硐室的、随身佩戴的自救器防护时间内不能到达井底车场的遇险人员)。

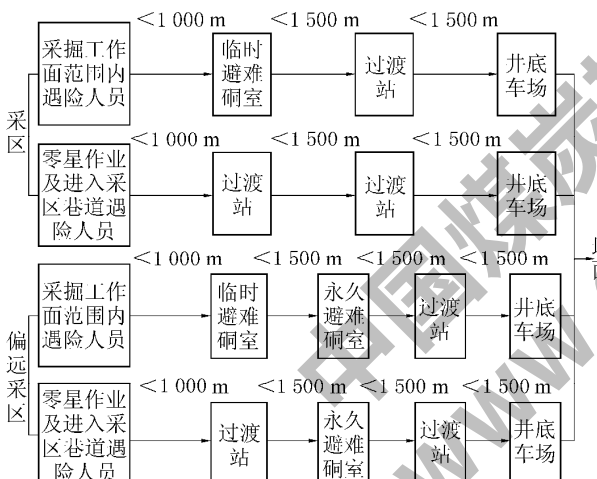


图 1　煤矿井下硐室模式紧急避险系统构成示意

4.1 避难硐室

1) 永久避难硐室。永久避难硐室服务于距离井底车场较远采区内的遇险人员，由过渡硐室、生存硐室和辅助硐室等组成，额定防护时间不低于 96 h。硐室应采用向外开启的两道门结构，外侧第 1 道门采用既能抵挡一定强度的冲击波，又能阻挡有毒有害气体的防护密闭门；第 2 道门采用能阻挡有毒有害气体的密闭门。两道门之间为过渡室，过渡室净面积不小于 3.0 m^2；密闭门之内为避险生存室，人均有效使用面积不低于 1.0 m^2，净高不低于 2.0 m。永久避难硐室系统布置如图 2 所示。

2) 临时避难硐室。采掘工作面临时避难硐室服务于采掘工作面范围内的遇险人员，由过渡硐室

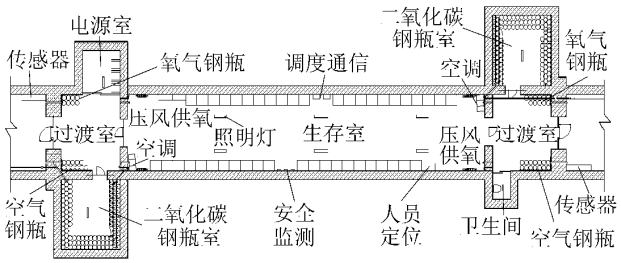


图 2　永久避难硐室系统布置

和生存硐室等组成，额定防护时间不低于 96 h。避难硐室应采用向外开启的两道门结构。外侧第 1 道门采用既能抵挡一定强度的冲击波，又能阻挡有毒有害气体的防护密闭门；第 2 道门采用能阻挡有毒有害气体的密闭门。两道门之间为过渡室，过渡室的净面积应不小于 2.0 m^2；密闭门之内为避险生存室，人均有效使用面积不低于 0.9 m^2，净高不低于 1.85 m。为解决临时避难硐室的日常通风问题，在生存室远离密闭门侧设置密封窗，抗冲击和气密性要求与防护密闭门相同。采掘工作面临时避难硐室系统布置如图 3 和图 4 所示。

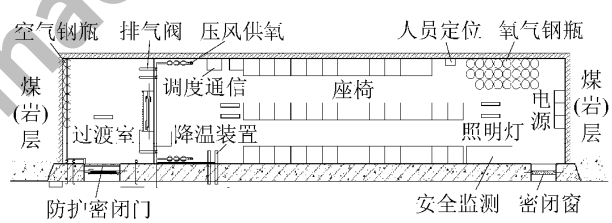


图 3　壁槽式临时避难硐室系统布置

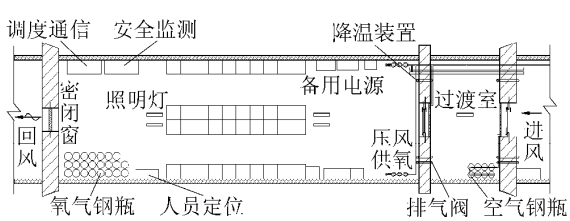


图 4　全风压临时避难硐室系统布置

避难硐室防护密闭门上设观察窗，门墙设单向排水管和单向排气管，排水管和排气管应加装手动阀门。过渡室内应设压气喷淋装置，生存室内设置不少于 2 趟单向排气管和 1 趟单向排水管，排水管和排气管应加装手动阀门。

硐室内同时设置压风过滤供氧、压缩供氧、压风气幕、压气喷淋、有毒有害气体去除和除湿等装置，配备防护时间为 45 min 的隔绝式压缩氧自救器，设有与矿(井)调度室直通的调度电话，安装人员定位读卡器，配备包括座椅、储物箱、急救

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

包、工具包、食品、饮用水、灭火器、操作牌板和指示标志牌等在内的辅助设施。硐室内外分别安装甲烷、一氧化碳、氧气、二氧化碳、温度、负压等监测系统传感器，过渡室内安装一氧化碳和氧气传感器，硐室内同时安装传感器集中显示屏，便于避险人员掌握避险环境信息。

4.2　过渡站

过渡站主要为周围无避难硐室服务的、随身佩戴的自救器防护时间内不能到达井底车场的作业人员提供一个安全无毒的更换自救器的场所。优先选用全风压通风巷道作为过渡站，过渡站采用扩散通风，硐室深度不得超过 5 m。过渡站及自救器设置如图 5 和图 6 所示。

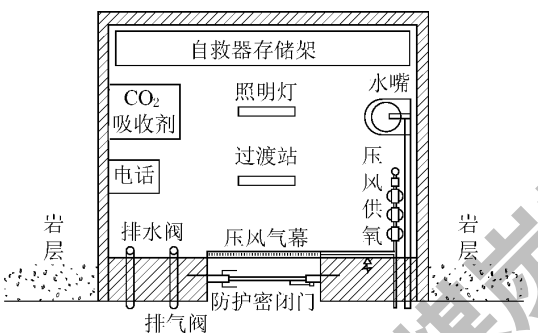


图 5　壁槽式过渡站

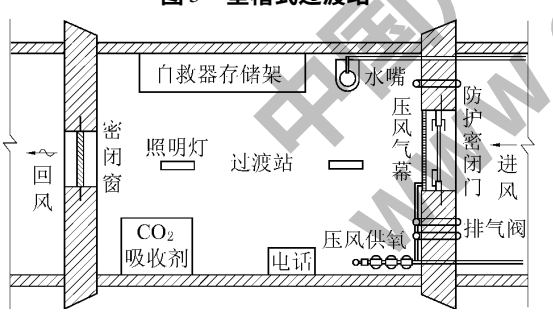


图 6　全风压过渡站

过渡站设置密闭门，硐室内配备压风自救、供水施救和通信联络系统，以及压气喷淋装置、单向排气阀、单向排水阀、联动空气幕、压风过滤、供水施救阀门、调度直通电话及满足采区最大工作人数的 45 min 隔离式自救器、有毒有害气体吸收剂等，同时悬挂避灾路线图、自救器佩戴示意图和简易操作流程、操作规程、管理牌板等。

4.3　安全绳

在发生紧急情况且在视线模糊的环境中撤离时，为了提高遇险人员成功逃离概率，在避难硐室（过渡站）通向井底车场的避灾路线上的巷道侧帮安设钢丝绳，即安全绳。安全绳每隔一定距离装有反光标（对于弱光源敏感，适于烟雾环境下的反光导向）和贴有反光标的导向锥（锥形体结构，当手握沿线前进首先碰到锥体小直径端，表示方向正确，反之，表示方向已反），可引导避险人员沿着设定的方向行走，解决井下迷失方向或严重影响视线情况下的撤离。

5　结　　语

1）针对我国煤矿井下环境特点、开采布局、灾害事故类型及特点、人员分布等因素，科学选择避险设施类型，笔者介绍的井下硐室模式紧急避险系统由永久避难硐室、临时避难硐室、过渡站组成，其空间大、容量大，适合于作业人员多的矿井，投资少，能够满足突发紧急情况下矿工安全避险需要。

2）设计建设了采掘工作面临时避难硐室，其具有安全可靠、经济实用、空间大等优点。

3）永久和临时避难硐室分别应用无源液态二氧化碳降温装置和空气涡流管降温技术，这为无热害矿井避难硐室降温除湿系统设计提供了经验。

4）系统设计增加了过渡站，使用了安全绳。过渡站的设计建设，为零星岗点作业人员和流动作业人员提供了安全更换自救器场所，弥补了避难硐室的不足。安全绳的使用，确保遇险人员在灾变时沿准确的路线撤离。

参考文献：

[1] 田水承，李红霞，胡玉宏. 从安全科学看煤矿事故频发原因及防治 [J]. 西安科技学院学报，2003，23（2）：135－138.

[2] 王　安. 神东矿区建设本质安全型煤炭企业的理论与实践 [J]. 煤炭学报，2006，31（4）：414－419.

[3] 杨大明. 煤矿井下紧急避险系统的建设与发展 [J]. 煤炭科学技术，2010，38（11）：6－9.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 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（11）：1－4.

[7] 王　丽. 煤矿井下避灾硐室研究 [D]. 西安：西安科技大学，2009.

[8] 田瑞云. 建设煤矿安全紧急避险系统 [J]. 煤炭工程，2011（6）：1－4.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net