

# ICS 架构下的矿山应急指挥通信系统层次模型

郑万波<sup>1,2,3</sup>, 吴燕清<sup>1,3</sup>, 李平<sup>2</sup>, 文玉梅<sup>2</sup>, 肖玉梅<sup>4</sup>

(1. 瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室, 重庆 400037; 2. 重庆大学光电工程学院传感器与仪器研究中心, 重庆 400044; 3. 中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039; 4. 重庆电子工程职业学院图文信息中心, 重庆 401331)

**摘要:** 针对国内现有矿山应急指挥通信系统技术规格、通信协议不统一, 难以与国内各级救援技术平台配接的问题, 借鉴美国突发事件现场指挥体系(ICS)技术架构构建原理, 剖析我国矿山应急指挥通信系统外部影响因素和内部技术因素。吸收国内应急指挥体系的构架和元素, 提出一种矿山应急指挥通信系统层次模型, 拟为我国矿山通信系统通用通信模式的建立、模拟仿真、演练和实际应用提供一种新的基本层次模型, 推动矿山应急救援通信系统向实用性和一体化方向发展。

**关键词:** 应急指挥体系; 矿山; 应急通信系统; 技术框架; 层次模型

中图分类号: TN919

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2015)02-0086-09

## Mine Emergency Command Communications Hierarchical Model Based on the Building Principle of Incident Command System

Zheng Wanbo<sup>1,2,3</sup>, Wu Yanqing<sup>1,3</sup>, Li Ping<sup>2</sup>, Wen Yumei<sup>2</sup>, Xiao Yumei<sup>4</sup>

(1. State Key Laboratory of Gas Hazard Monitoring Control and Emergency Technology, Chongqing 400037, China;  
2. Research Center of Sensors and Instruments, College of Opto-electronic Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;  
3. China Coal Technology Engineering Group Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China;  
4. Library and Information Technology Center, Chongqing College of Electronic Engineering, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** To solve the problem that domestic mine emergency command communications systems do not match well with rescue technology platforms at all levels in China, the external and internal factors of domestic mine emergency command communications systems were analyzed based on the concepts and principles of American on-site Incident Command System (ICS). A mine emergency command communications hierarchical model was put forward by absorbing the framework and elements of domestic incident command systems. This model provides a new basic hierarchical model for the establishment, simulation, exercises, and practical application of general communication mode of mine communications system in China and will promote the development of mine emergency rescue communications system toward practicality and integration.

**Key words:** incident command system; mine; emergency command communications systems; technical framework model; hierarchical model

国外的矿山救灾通信系统主要有: 南非 GST 公司开发的有线广播和 RB2000 型救灾通信系统, 澳大利

收稿日期: 2014-08-18

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAK04B09); 重庆市科技攻关计划项目(cstc2012gg-sfgc00002-02); 重庆市前沿与基础研究计划项目(cstc2014jcyjA90027)

作者简介: 郑万波(1981—), 男, 四川自贡人, 副研究员, 博士研究生, 从事矿井救援通信技术和装备、工程物探仪器科学与技术方面的研究。E-mail: zwanbo2001@163.com

亚 MineSite Technologies 公司开发的井下无线通信与紧急救援指挥系统,Transtek 公司的 TeleMag 系统,加拿大 Vital Alert 公司的 Canary 系列最新超低频穿越岩层无线通信系统<sup>[1]</sup>。国内的有线救灾通信系统包括 KTT9 型便携式通信电话、KTE5 型矿山可视化指挥装置<sup>[2-3]</sup>和 KTN01 矿用救灾指挥装置<sup>[4]</sup>等;无线救灾通信系统包括 KT138 矿用救灾无线指挥装置,KTW122 矿用救灾无线通信装置,KT113 矿用救援无线通信装置,KJ30 矿用救灾无线通信系统,KTW2 型矿用救灾无线通信系统等。

国内应急指挥通信系统发展趋势与国外总体相同,矿山应急指挥通信系统的设计开发仅从市场需求出发,解决救护队员和指挥员的联络问题,缺乏理论体系支撑和统一通信模式。主要体现在:①不同厂家的通信系统采用的组网模式、通信协议、拓扑结构、通信频段各不相同,难以与国内各级矿山应急技术平台衔接;②现有通信系统技术框架固定、技术规格和功能参差不齐,很难适应瞬息万变的应急救援现场灾情;③通信设备大多用于地面模拟演练中,设备实际利用率较低。

因此,需要借鉴国内外关于构建应急指挥体系的理论及实践经验,进行矿山应急指挥通信系统内部特征因素、外部影响因素、通信系统技术框架模型和通信平台层次模型的深入研究。

## 1 美国突发事件指挥体系及其借鉴意义

世界各国逐步建立了关于标准化应急管理体系(SEMS, standardized emergency management system)的相关研究,并在部分国家逐步推行实施突发事件应急标准方法,其中最具代表性的是美国的突发事件现场指挥体系(ICS, incident command system),在美国经历了 40 多年的发展,逐步被英国、日本在内的许多国家采用并扩展,最终构建了适用于本国实际的突发事件应急救援指挥体系<sup>[5]</sup>。

### 1.1 美国突发事件应急指挥体系发展历程

1967 年 3 月,一艘利比亚籍油轮触礁沉没,美国官方开始制定应急计划以应对日后可能出现的石油泄漏污染事件<sup>[6]</sup>。1968 年,美国通过第一个国家应急计划,建立国家反应系统,对油品和危险物质泄漏的紧急事故提供援助、支持和协调<sup>[7]</sup>,开始事故应急救援体系研究与建设工作<sup>[8]</sup>。

1970 年,因加州森林大火,美国开始建设全国性、标准化、能涵盖“指挥、控制、通信和情报”等功能的事事故指挥体系<sup>[9]</sup>。1972 年,美国国会授权 FIRESCOPE 负责发展 ICS 的相关技术,对 ICS 实施了现场测试<sup>[10]</sup>。1979 年,卡特总统签署 12127 号令,合并诸多分散的紧急事态管理机构,组成联邦应急管理总署<sup>[11]</sup>。1980 年,ICS 开始用于各种事故现场处理,成为美国国家事故管理系统(NIMS, National Incident Management System)的重要组成部分<sup>[12]</sup>。1992 年,美国出台联邦响应计划,阐述了应急管理中联邦层级的政府及其部门应发挥的作用及应负的责任,并提出属地为主的原则,多元协调时采用 ICS 作为运行结构<sup>[13]</sup>。

2001 年“9·11”事件后,美国政府对应急管理体制进行全面变革,成立了规模庞大的、具有全面应急职能的国土安全部,FEMA (Federal Emergency Management Agency, 联邦应急管理局)并入其中<sup>[14]</sup>。2004 年,发布了“国家事故管理系统”<sup>[15]</sup>和“国家应急计划”<sup>[13]</sup>,其中 ICS 作为 NIMS 标准体系的三个核心事故指挥组织系统之一<sup>[16]</sup>。2008 年 1 月,美国对“国家应急计划”进行了全面改进和完善,发布“国家应急框架”<sup>[17]</sup>;2008 年 12 月,发布新的“国家事故管理系统”,在“事故指挥系统”的实际应用方面进行了进一步细化<sup>[18]</sup>。美国至今仍采用 2008 版的 NIMS,其中 ICS 体系和构架一致作为 NIMS 核心内容和框架体系,用来管理几乎所有事故,其范围已经延伸到周边国家,为事故响应者、管理者和指挥官员提供培训<sup>[19-22]</sup>。

### 1.2 美国 ICS 理念与特征

美国 2004 版 NIMS 描述了 ICS 体系的 8 个设计理念<sup>[15]</sup>:大多数事故以属地管理为主;NIMS 要求现场指挥和管理;模块化和可扩展性;交互式管理单元;通用术语;集成化和可测量的目标;在现有的系统和处置流程中,ICS 实施过程中断可能性小;在大范围应急响应和事故管理方面,ICS 同样具有友好用户界面和实用性。

美国 2008 版 NIMS<sup>[21]</sup>的管理特征:通用术语,模块化的组织,目标管理,事故行动计划,管理幅度的控制,事故设备和定位,综合资源管理,集成化的通信,指挥的建立和交接,链状指挥和统一指挥,问责制。

ICS 与传统应急管理模式相比,具有以下优势:使用通用语言和响应程序;适当控制幅度;使用联合行动

最优化;消除重复行动;建立统一的指挥职位;鼓励协作的响应环境及综合的资源管理等观念和原则;提高信息交互效率;支持制定和实施统一的事故行动计划(IAP, incident action plan)等<sup>[23-24]</sup>,其核心理念和框架模型值得各国应急救援指挥体系借鉴。

## 2 事故应急指挥系统模型构建

相比其他国家应急救援指挥体系而言,美国 ICS 体系发展最为完善、行业领域广(多行业领域,已经逐步在森林火灾以外的领域应用)、覆盖范围宽(并逐步扩大指挥区域,延伸到周边国家)。本研究结合我国矿山救援的实际情况,借鉴 ICS 体系构建的原则、方法和基本框架,开展事故应急指挥系统基本框架模型和通信单元扩展模型研究,旨在建立一个柔性化、模块化的矿山应急通信系统技术架构和应急指挥通信平台模型。

### 2.1 基于 ICS 的事故应急指挥系统基本架构

依据美国 NIMS 系统(2008 版)<sup>[21]</sup>的 ICS 体系的基本框架和构建原则,其通用突发事件应急指挥系统框架模型如图 1 所示,ICS 基本框架模型由以下 5 部分组成。

- 1) 指挥组。配备指挥官、公共信息官、联络官、安全官。
- 2) 作业组。可以根据救援作业需求按照地域或者功能横向扩展(作业组 A,作业组 B……),同时作业组也可以进行纵向扩展(资源 1,资源 2……)。
- 3) 策划/情报组。包括资源单元、形势估计、恢复策划、文件编制、技术专家。
- 4) 后勤组。后勤组可以由一个分支组成,也可以根据实际情况分为服务小组和支援小组等。服务小组由通信单元、医疗单元、食物单元等分支组成;支援小组由供应单元、设备单元、地面支援等分支组成。
- 5) 财政/行政组。包括赔偿/索赔、采购、费用核算、时间记录等单元。

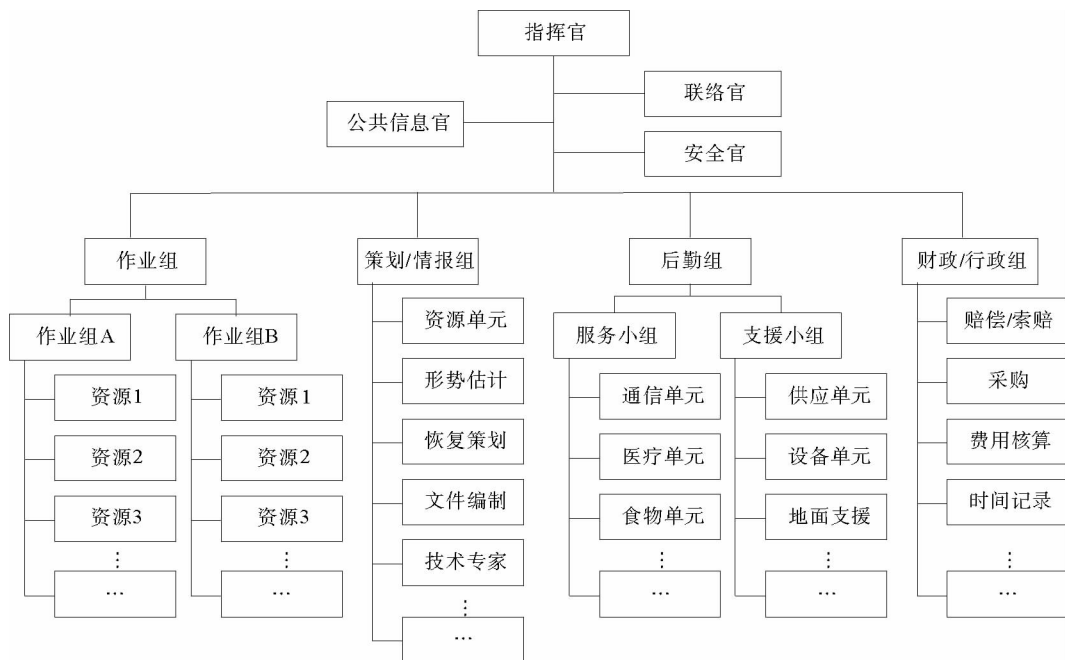


图 1 基于 ICS 构架的事故应急指挥系统基本框架模型

Fig. 1 The basic framework model based on ICS for accident emergency command system

### 2.2 通信单元扩展模型

根据 ICS 的单元化和柔性化设计原则,各功能模块可以根据灾情发展进行扩展和收缩,其中主要扩展框架模型如图 2 所示,可以把通信单元分为 5 方面:指挥员/通信员/看守员<sup>[25]</sup>,预案体系(通信部分),通信模式,通信平台(模型),通信指挥机制和评估机制。其中,指挥员/操作员根据实际情况进行分配,指挥员可

以兼任操作员。预案体系是指关于通信部门的规定和规范,主要包括以下 4 部分。

1)通信方式。根据灾情选定通信模式。国家建立健全应急通信保障体系,完善公用通信网,建立有线与无线相混合、基础电信网络与移动通信系统相配套的应急通信系统,确保突发事件应对工作的通信畅通<sup>[26]</sup>。

2)通信平台(模型)。主要包括内部特征因素,外部影响因素和技术框架(从模块化角度细分),有线电话、移动电话、卫星、微波系统等通信手段<sup>[27]</sup>。

3)通信指挥机制。主要包括通信运行机制,指挥信息流,现场检测信息流和通用术语(通信资源,通信联络,简单显示信号<sup>[25]</sup>,信息获取、分析、发布、报送格式<sup>[28]</sup>,音响信号,手语<sup>[29]</sup>等)。

4)评价机制。根据实际情况选择评价方法和指标。

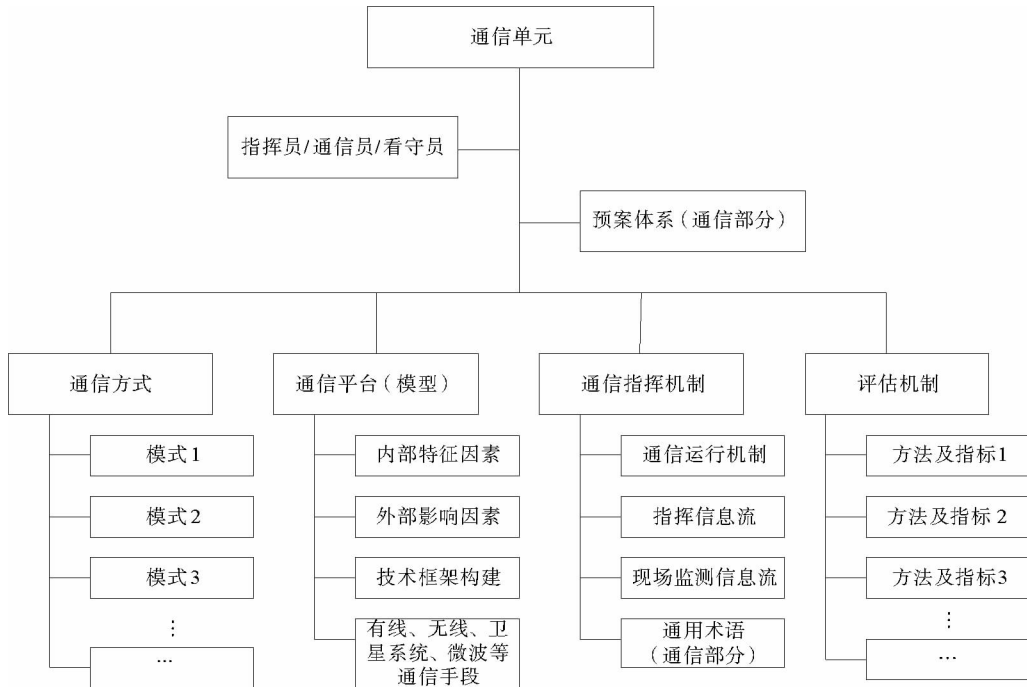


图 2 通信单元扩展模型

Fig. 2 Unit extension model of the accident emergency command communication system

### 3 矿山应急指挥通信系统框架研究

#### 3.1 通信系统主要类型及特征因素

常用的通信类型和特征有多种划分方法,本研究参考文献[30]的定义,从 7 方面(图 3)描述通信系统的特征因素:通信方式,性能指标,信号特征,工作频段,调制方式,传输媒质,通信业务。

#### 3.2 矿井应急通信系统主要外部影响因素

通过救护队实地考察和大量文献分析,矿井应急通信系统主要外部影响因素包括 4 方面:行政级别,指挥类型,响应级别,井下灾情,如图 4 所示。

#### 3.3 矿井应急通信系统技术架构

矿井应急指挥通信系统技术构架由 6 部分组成,如图 5 所示。

1)通信距离:超长距离( $d \geq 30$  km),长距离( $10$  km  $\leq d \leq 30$  km),中长距离( $2$  km  $\leq d \leq 10$  km),中距离( $0.5$  km  $\leq d \leq 2$  km),短距离( $d < 0.5$  km);主要依据现有主要矿山应急救援通信系统采用通信技术性能来划分,30 km 为平均救援半径(按照救护规程关于第一响应时间的要求,救护队到达地面指挥基地的时间约为 30 min)。

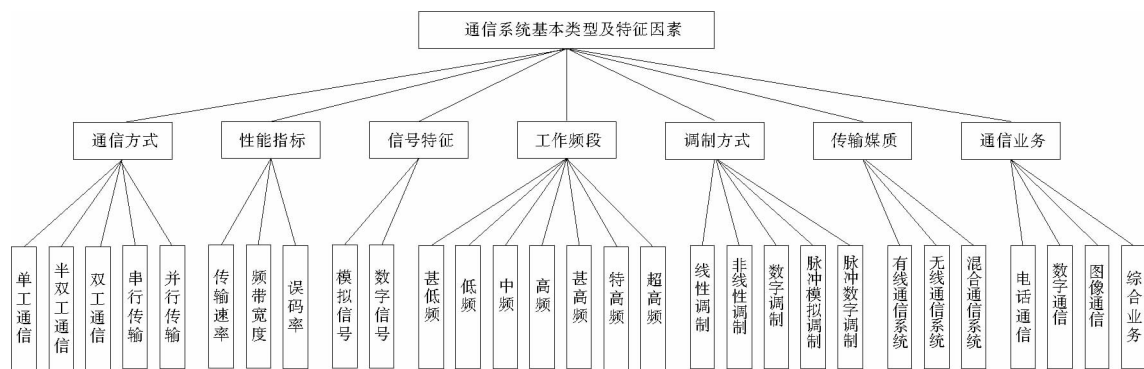


图 3 通信系统主要类型及内部特征因素

Fig. 3 Main types of communication system and their characteristics of internal factors

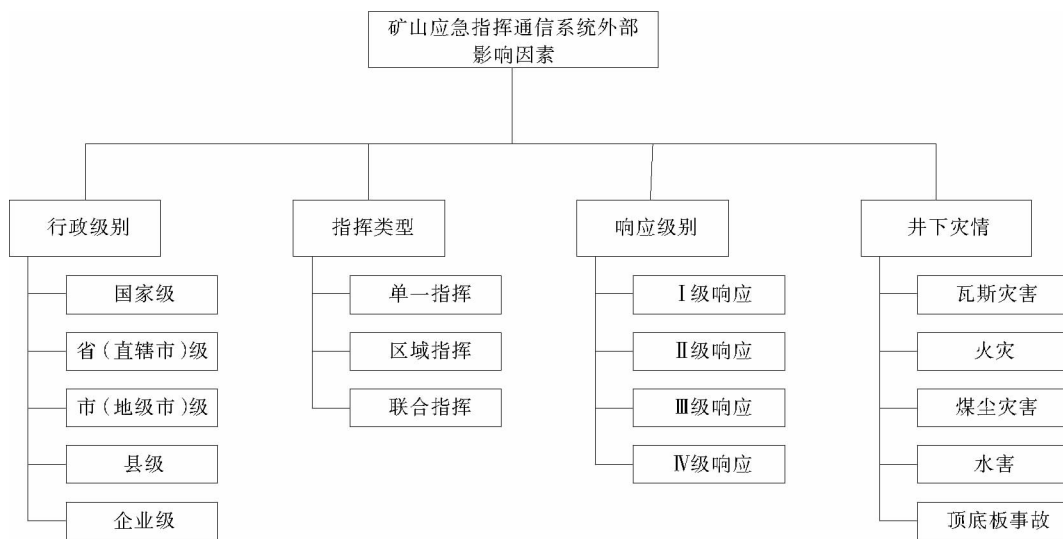


图 4 矿井应急通信系统主要外部影响因素层次模型

Fig. 4 Mine emergency communication system hierarchical model of main external factors

2) 供电方式: 井下电网, 便携式备用电源, 电池。设备自带的电池或者配套的便携式备用电源供电时间应该大于 4 h(呼吸器最短工作时间)。

3) 组网模式: 多级中继, 有线通信, 无线通信, 混合通信(有线和无线结合、异构网络等)。

4) 现场参数: 语音、视频图像、环境参数和现场人员的生命体征参数。主要是人员(定位和生命体征参数)、设备(定位和运转参数)和环境参数(温度、有毒有害气体、甲烷和氧气等)的实时监测, 为救援指挥决策提供现场信息。

5) 系统层级: I 级指挥(国家级), II 级指挥(省级、直辖市、自治区), III 级指挥(市、地级市、县级), IV 级指挥(企业级); 在救援终端、井下指挥基地、地面指挥基地和远程(移动)指挥中心之间按应急响应等级和信息传输要求选择系统层次。

6) 调查统计现有煤矿及矿山救护队的通信系统装备情况, 典型通信技术包括: 感应通信, 无线 MESH 网络, 透地通信, 光纤通信, xDSL(x digital subscriber line, 各种类型数字用户线路)通信技术, 漏泄通信技术, 有线语音电话。

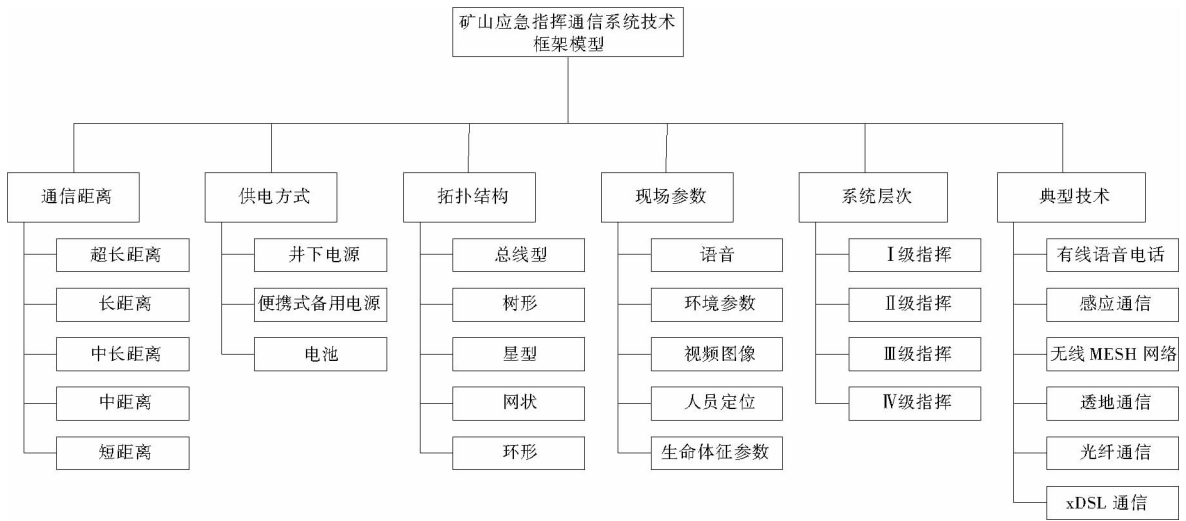


图 5 矿井应急指挥通信系统技术框架

Fig. 5 Technology framework of mine emergency command communication system

#### 4 矿山应急指挥通信平台技术架构

系统结构的不同层次等级之间相互制约、相互关联<sup>[31]</sup>。ICS 组织单元通过系统性的分工,各司其职,组织、知识与科技三者相互支持<sup>[32]</sup>。根据 ICS 分层扩展原则,矿山应急救援指挥通信系统平台分层模型分为地面和井下部分,地面部分借鉴文献[9, 11, 33-41]关于应急通信平台的通信组件。

矿山应急指挥通信系统平台分层模型如图 6 所示。

1) 井下救援终端,进行救援作业,为底层执行单元。

系统处理组件主要包括:灾区环境参数监测(防爆摄像机、麦克风、环境参数传感器),灾区人员参数(人员定位器、生命体征检测仪),灾区设备参数(设备定位器、设备运行参数传感器)。

与 IV 级机构通信衔接设备:便携式电话,无线 Mesh 网络,感应通信系统,xDSL 网络,井下工业以太网,井下调度电话,漏泄通信系统。

2) 井下指挥基地,指挥层次为 IV 级。

系统处理组件主要包括:环境参数(防爆摄像机、麦克风、环境参数传感器),应急监测预警系统,应急管理信息系统(基础信息、地理信息、事件信息<sup>[33]</sup>等),专家辅助评估决策系统,应急指挥调度系统。

与 III 级机构通信连接设备:便携式电话,无线 Mesh 网络,感应通信系统,透地通信系统,xDSL 网络,井下工业以太网,井下调度电话,漏泄通信系统。

3) 地面指挥基地,指挥层次为 III 级,实施县级、企业级预案体系。

系统处理组件:模型库/知识库,3S 技术系统,新闻、信息发布系统,应急信息/物资管理系统,应急指挥调度系统,专家辅助评估决策系统,预案体系。

与 II 级机构通信连接设备:因特网,卫星/遥感通信,移动通信,短波电台,数据交换平台,数字集群,视频会议系统,其他网络接入。

系统交互设备:摄像机/麦克风,浏览器/音响系统,客户端/服务器,移动电话/传真,智能终端,打印机/扫描仪,显示屏阵列,模拟演练系统。

4) 省、市级指挥中心,指挥层次为 II 级,实施省级、市级预案体系。

系统处理组件与地面指挥基地基本相同;系统交互设备与地面指挥基地相同;与 I 级机构通信连接设备与地面基地与 II 级机构链接类似。

5) 国家级指挥中心,指挥层次为 I 级,实施国家级预案体系。



图 6 矿山应急指挥通信平台分层模型

Fig. 6 Mine emergency command communication system platform layered model

系统处理组件与地面指挥基地基本相同；系统交互设备与地面指挥基地相同；国家指挥中心为最高行政机关，与下级平台衔接。

由于应急指挥存在“属地为主”的省、市、县级政府应急平台，也可存在“垂直管理”的部级应急平台（如国家安监总局管辖的各级应急救援平台），按指挥/监测信息流向，本层次模型井下部分由救援作业端向井下指挥基地传输，再向地面指挥基地（IV级）传输。地面部分按行政级别和响应级别走向逐层传输：地面指挥基地（III级，县级、企业级），省、市指挥中心（II级），国家级指挥中心（I级）。

## 5 结论

1) 以美国突发事件应急指挥体系 (ICS) 的设计理念、原则和技术框架为基础，对我国矿山应急救援通信系统的内部特征因素、外部影响因素和系统技术框架进行分析，为矿山通信系统模拟仿真、演练和实际应用提供模块化构架。

2) 根据系统论的层次等级性原理，借鉴国内其他行业领域的应急技术平台的组成要素和技术框架模型，根据应急指挥响应级别和指挥层次，提出一种矿山应急救援指挥通信系统平台分层模型，为矿山应急通信系统单元化、模块化研究提供依据。

3)为我国矿山应急信息平台构建提供一种参考模型,令不同部门、不同工种的协调作业有条不紊,使得救援作业更加实用和有效。

我国现有矿山应急指挥通信系统的组网模式、通信协议、拓扑结构、通信频段各不相同,要与各级应急平台无缝衔接还需要经过长时间的演化,本研究涉及的矿井应急通信系统主要外部因素层次模型、技术框架模型和平台层次模型等还需在模拟仿真、演练和应用中进一步完善。

#### 参考文献:

- [1]孙红雨,王娜,郭银景,等.透地通信系统研究进展[J].山东科技大学学报:自然科学版,2010,30(3):79-85.  
Sun Hongyu, Wang Na, Guo Yinjing. Research progress of through-the-earth communication system[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology: Natural Science, 2010, 30(3): 79-85.
- [2]金永飞,徐精彩,郑学召.基于双绞线通信技术的矿山应急救援系统的研究[J].矿业安全与环保,2006,33(2):70-71.  
Jin Yongfei, Xu Jingcai, Zheng Xuezhao. Research on mine emergency rescue system based on twisted pair communication technology[J]. Mining Safety and Environment Protection, 2006, 33(2): 70-71.
- [3]李文峰,郑学召.一种矿山救援应急多媒体技术[J].现代电子技术,2005(22):43-45.  
Li Wenfeng, Zheng Xuezhao. An emergency communication technology of multi-media used in mine rescue[J]. Modern Electronic Technique, 2005(22): 43-45.
- [4]郑万波,吴燕清,谢成梁,等.新型矿井应急救援指挥通信系统关键技术研究[J].煤炭科学技术,2009,37(8):100-103.  
Zheng Wanbo, Wu Yanqing, Xie Chengliang, et al. Research on key technology of new mine emergency rescue and command communication system[J]. Coal Science and Technology, 2009, 37(8): 100-103.
- [5]陆金华.城市突发事件现场应急指挥通用模式研究[D].北京:首都经贸大学,2009:10-16.
- [6]王曦,胡苑.美国国家应急计划概述[J].环境保护,2007(S1):82-85.  
Wang Xi, Hu Yuan. Summary of the national contingency plan[J]. Environmental Protection, 2007(S1): 82-85.
- [7]National Response Team. National oil and hazardous substances pollution contingency plan (NCP) overview [EB/OL]. [2014-06-07]http://www2.epa.gov/emergency-response/national-oil-and-hazardous-substances-pollution-contingency-plan-ncp-overview.
- [8]师立晨,曾明荣,魏利军.事故应急救援指挥中心组织架构和运行机制探讨[J].安全与环境学报,2005,5(2):115-118.  
Shi Lichen, Zeng Mingrong, Wei Lijun. On the organizational frame-structure and operation mode of an incident emergency response center[J]. Journal of Safety and Environment, 2005, 5(2): 115-118.
- [9]王星.非常规突发事件现场应急指挥信息通信体系研究[D].南京:南京邮电大学,2013:1-5.
- [10]马奔,王邗强,薛澜.美国突发事件应急指挥体系(ICS)及其对中国的启示[C]//公共管理与地方政府创新研讨会论文集.北京,2009:71-79.
- [11]张雪丽,王睿,董晓鲁,等.应急通信新技术与系统应用[M].北京:机械工业出版社,2010:3-30.
- [12]杨春生.对国内突发事件现场指挥系统的探讨[J].中国应急救援,2008(2):18-20.  
Yang Chunsheng. Study of the major incident command system[J]. Chinese Emergency Rescue, 2008(2): 18-20.
- [13]闪淳昌,周玲,方曼.美国应急管理机制建设的发展过程及对我国的启示[J].中国行政管理,2010(8):302-305.  
Shan Chunchang, Zhou Ling, Fang Man. A historical review on the development of emergency management operational mechanism in the United States and experiences to be learned by China[J]. Chinese Public Administration, 2010(8): 302-305.
- [14]Moynihan D P. The network governance of crisis response: Case studies of incident command systems[J]. Journal of Public Administration Research and Theory, 2009, 19: 895-915.
- [15]U. S. Department of Homeland Security. National Incident Management System[EB/OL]. [2004-03][2014-09-20]http://www.fema.gov/national-incident-management-system.
- [16]U. S. Department of Homeland Security. National Response Plan[EB/OL]. [2004-12][2014-09-20]http://www.epa.gov/watersecurity/tools/trainingcd/trainers/NRP.pdf.
- [17]U. S. Department of Homeland Security. National Response Framework[EB/OL]. [2008-01][2014-09-20]http://www.fema.gov/national-response-framework/
- [18]U. S. Department of Homeland Security. National Incident Management System[R]. [2008-12][2014-09-20]http://www.fema.gov/national-incident-management-system.



- [19] Federal Emergency Management Agency. National preparedness goal(first edition)[EB/OL]. [2013-08-05] <http://www.fema.gov/national-preparedness-goal>.
- [20] Federal Emergency Management Agency. NIMS\_core[EB/OL]. [2014-06-07] [http://www.fema.gov/pdf/emergency/nims/NIMS\\_core.Pdf](http://www.fema.gov/pdf/emergency/nims/NIMS_core.Pdf).
- [21] Federal Emergency Management Agency. National Incident Management System (NIMS) Incident Command System (ICS) forms booklet [EB/OL]. [2014-06-07] <http://www.fema.gov/forms/job-aids-tools-templates>.
- [22] Federal Emergency Management Agency. Threat and hazard identification and risk assessment guide: Comprehensive preparedness guide (CPG) 201(2nd Ed.) [EB/OL]. [2014-06-07] <http://www.fema.gov/media-library/assets/documents/26335?id=5823>.
- [23] 郑双忠, 邓云峰, 刘铁民. 事故指挥系统的发展与框架分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2005, 1(4): 27-31.  
Zheng Shuangzhong, Deng Yunfeng, Liu Tiemin. Analyze the development and frame of incident command system[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2005, 1(4): 27-31.
- [24] 刘铁民. 重大事故应急指挥系统(ICS)框架与功能[J]. 中国安全生产科学技术, 2007, 3(2): 3-7.  
Liu Tiemin. The framework and functions of the major incident command system[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2007, 3(2): 3-7.
- [25] 矿山救援专家组.《矿山救护规程》实施手册(一)[M]. 北京: 中国煤炭出版社, 2008: 218-220.
- [26] 中央政府门户网站. 中华人民共和国突发事件应对法[EB/OL]. [2007-08-30]. [http://www.gov.cn/ziliao/flfg/2007-08/30/content\\_732593.htm](http://www.gov.cn/ziliao/flfg/2007-08/30/content_732593.htm).
- [27] 中央政府门户网站. 国家突发公共事件总体应急预案[EB/OL]. [2006-01-08] [http://www.gov.cn/yjgl/2006-01/08/content\\_21048.htm](http://www.gov.cn/yjgl/2006-01/08/content_21048.htm).
- [28] 国家安全生产监督管理总局. 矿山事故灾难应急预案[EB/OL]. [2006-10-31] [http://www.chinasafety.gov.cn/2006-11/08/content\\_202234.htm](http://www.chinasafety.gov.cn/2006-11/08/content_202234.htm).
- [29] 中华人民共和国安全生产行业标准. AQ1008-2007 矿山救护规程[S].
- [30] 樊昌信, 曹丽娜. 通信原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007: 6-9.
- [31] 汪应洛. 系统工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003: 29.
- [32] 丘祈荣, 林朝钦, 周巧盈. 台湾林火应变决策支持系统[J]. 地理信息世界, 2005, 3(2): 10-17.  
Qiu Qirong, Lin Chaoqin, Zhou Qiaoying. Decision supporting system of ICS for forest fire in Taiwan[J]. Geomatics World, 2005, 3(2): 10-17.
- [33] 陈北海, 雷斌, 王立, 等. 应急通信系统[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012: 20-43.
- [34] 王延章, 叶鑫, 袁江南, 等. 应急管理信息系统: 基本原理、关键技术、案例[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 119-123.
- [35] 陈建宏, 杨立兵. 现代应急管理理论与技术[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2013: 168-223.
- [36] 李文峰, 韩晓冰, 汪仁, 等. 现代应急通信技术[M]. 西安: 西安科技大学, 2007: 3-10.
- [37] 刘志东, 马龙, 徐连敏, 等. 应急指挥信息系统设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 19-32.
- [38] 陈安, 陈宁, 武燕南, 等. 现代应急管理技术与系统[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 331-358.
- [39] 陈安, 马建华, 李季梅, 等. 现代应急管理应用与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 131-147.
- [40] 陈安, 陈宁, 倪慧荟, 等. 现代应急管理理论和方法[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 26-269.
- [41] 袁永宏, 黄全义, 苏国锋, 等. 应急平台体系关键技术研究的理论与实践[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012: 6-37.

(责任编辑: 吕文红)