

生产企业非常规突发事件的平行应急管理关键技术与系统

商秀芹¹、沈震¹、熊刚¹（通讯作者）、荆思凤¹、韩峰²

（1 中国科学院自动化研究所，复杂系统智能控制与管理国家重点实验室，
北京市智能化技术与系统工程技术研究中心，北京，100190）

（2 中国石油化工股份有限公司齐鲁分公司，山东省淄博市，255411）

摘要：针对石化生产企业及其周围的人和环境中由自然或人为灾害等造成的危险品泄漏、火灾爆炸等应急处置需求，结合基于ACP方法的平行管理理论成功应用先例，设计了一套全风险的生产类非常规突发事件平行应急处置解决方案。通过视频智能监测、社会传感网、物联网等新技术，实现生产企业内部、周边以及所在城市的非常规突发事件智能感知，完成人工系统（Artificial system, A）的构建；通过云计算、三维仿真、优化评估等计算实验（Computing experiment, C）技术，实现应急预案评估和三维协同演练等。再通过现场车载应急指挥中心和智能终端，保证极端条件下信息畅通，完成应急处置的平行执行（Parallel execution, P）功能。最后，针对某石化企业厂区的非常规突发事件设计了一套全风险的平行应急处置解决方案。该方案实施后，将为生产企业的非常规突发事件应急处置带来显著效果。

关键词： 生产企业；非常规突发事件；平行应急管理；ACP方法；社会传感网；全风险

Key Technologies and System of Parallel Management for Manufacturing Enterprise non-traditional Emergencies

Xiuqin Shang¹, Zhen Shen¹, Gang Xiong(Corresponding Author)¹, Sifeng Jing¹, Feng Han²

(1 The State Key Laboratory of Intelligent Control and Management of Complex Systems Institute of Automation,
Beijing Engineering Research Center of Intelligent Systems and Technology,
Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100190)

(2 China Petrochemical Corporation (Sinopec Group), Qilu Company, Zibo city, Shandong, 255411)

Abstract: Combining with the parallel management theory based on ACP approach, a parallel emergency solution of comprehensive risk is designed to manage the non-traditional emergencies caused by natural or human-induced disasters in the petrochemical enterprises. The intelligent sensing network is constructed by the use of new techniques including video monitoring, social sensing network and the internet of things, to create the artificial system. Besides, computing experiment is adopted through the cloud computing technique, 3D simulation technique, and evaluation technique to evaluate the emergency preplans and complete emergency drills. Then, parallel execution equipments are developed, including on-vehicle emergency command center and intelligent terminals. Finally, the parallel emergency solution is provided for non-traditional emergencies in one petrochemical plant, and it can make a great difference to the emergency management in the plant.

Keywords: Manufacturing enterprise, Non-traditional emergency, Parallel emergency management, ACP, Social sensing networks, Comprehensive risk

1 引言

近年来,随着全球经济的快速发展和工业化进程的快速推进,生产类企业向综合化、系统化和复杂化方向发展。然而,与之伴随的是石化、核电等大型生产企业突发事件时有发生,造成了严重的人员伤亡和巨大的财产损失^[1-2]。2011年6月,我国贵州桐梓县楚米镇遵宝钛业有限公司毒气泄漏,导致百名中小学学生毒气中毒事件,该事件在网络上引起强烈反响,公众对事件不满情绪高涨,家长决绝孩子继续上课^[3]。2010年2月10日,我国江苏响水县谣传化工厂要发生爆炸,引发万人出逃,4人致死,多人受伤^[4]。2005年11月13日中石油吉林石化公司双苯厂苯胺装置 T-102 塔发生堵塞,因处理不当发生爆炸,造成约 100t 苯类污染物流入松花江,导致中心城市大范围停水,引起居民恐慌等社会安全事件,并引发外交问题^[1]。上述灾害,无论从成灾原因、传播方式,还是处置方法,都和整个自然、社会环境息息相关。同时,发达的交通、通讯、互联网络更是急剧放大了人为影响的不确定性,一条虚假的危险品泄漏事件能引起整个城市的恐慌。这些变化和趋势正在使生产类突发事件逐渐向非常规化、复杂化、网络化、社会化方向发展,并使得突发事件的传播更迅速、影响更深远、危害更巨大。这种前兆不充分,具有明显的复杂性特征和潜在的次生衍生危害,且破坏性严重,采用常规管理方式难以有效应对的突发事件称之为非常规突发事件^[5]。非常规突发事件的应急管理研究具有深远的实际意义和研究价值。

应急管理是处置和避免灾害的管理,涉及自然或人为灾害相关的灾前准备,灾害响应,物资保障和社会系统重建的方法,在这个过程中,组织和个体根据对灾害的感知尽力减少灾害造成的影响和损失^[6]。应急管理是在冷战末期产生于美国的术语,它由民防(Civil Defense)衍生而来,美国在第一次世界大战中建立了民防制度,用以避免美国公民受战争的打击;“9·11”事件后,美国应急管理的重点集中在反恐领域,对自然灾害、技术灾难等问题的预防和应对有所松懈,“卡特里娜飓风”造成巨大损失很大程度上归因于应急处置不力^[7]。目前,美国对应急管理的研究主要关注全风险的灾害管理。以德国和英国为代表的欧盟有着较为统一的应急管理机制,其主要思想是地方政府负责常规突发事件的处置、协调,警察、消防、救护和各社会机构完成应急响应和救援任务,中央政府则负责重大恐怖袭击和全国性的重大突发公共事件的应急处置。亚洲各国的应急管理机制大多是采用美国模式,包括模块化的应急管理系统建设,统一的工作流模型等,再结合本国的国情改进应用^[7]。

我国在应急管理领域的研究以往主要集中在自然灾害、人为灾害和工程系统灾害方面的应用研究,缺乏基础的、普适的理论研究。近年来,随着我国经济社会的高速发展,环境与资源问题日益突出,突发事件发生概率大大增加。2003年的 SARS 事件、2008年的雨雪冰冻灾害和汶川大地震都给我国造成了巨大损失,应急管理成为政府和研究机构关注的热点;而相应地,随着网络影响的加大,网络信息已经成为应急处置的重要一环,如果不能及时清除流言,不能正确指导信息,那么后果难以想象;2007年,《中华人民共和国突发事件应对法》的颁布标志着我国的应急管理进入了法制化阶段,法案根据哈佛大学 Fred Cuny 提出应急管理架构从应急准备、减灾、灾害响应、灾害恢复和法律责任五个角度对我国应急管理的基本原则作了规定。2009年,肆虐全球的 H1N1 甲型流感使得应急管理研究进一步成为各国关注的热点。这使研究者深刻认识到未来发生的灾害无论从灾害的成灾原因,传播方式,还是从灾害的处置方法,应急救援都是无法准确预测的。突发事件的频发使得在行业、地域、灾种等方面的单项研究成果不再适用于未知灾害的应急处置,基础性的全风险灾害管理机制的研究势在必行^[8]。

随着生产类突发事件逐渐向非常规化、复杂化、网络化、社会化方向发展,生产企业非常规突发事件的应急管理研究作用性与日俱增。针对非常规突发事件前兆不充分、复杂性和社会性显著等特点,本文结合基于 ACP 方法的平行管理理论,提出了一套全风险的非常规突发事件平行应急管理关键技术和解决方案。

2 平行应急管理

应急管理是一个复杂的巨系统,从事件信息的收集反馈,到事件评估、决策制定、资源调度,以及灾后恢复时间跨度长,资源覆盖广,决策难度高。目前,我国应急管理理论与技术研究主要集中在五个方面:应急管理体的复杂性,应急心理与行为,突发公共事件的信息获取及分析,多因素风险评估和多尺度预测预警以及复杂条件下应急决策^[1]。由于我国的应急管理主要采用分项研究的方法,集中探讨其中几个阶段,很少将其作为一个整体系统来分析,因而研究主要解决某一阶段的最优决策问题,缺乏对应急管理系统整体信息传递和协调机制的研究,也缺乏根据应急管理系统的实时信息动态调整应急决策的相关理论。

针对应急管理复杂巨系统的研究问题^[9],中科院首创了平行管理理论与 ACP 方法^[10-13],并应用于应

应急管理的研究^[5,14]。平行应急管理系统对于应急管理研究有重要意义，它为“情景-应对”型非常规突发事件应急提供了系统化的方法论，为面向具体的非常规突发事件的平行应急管理与辅助决策提供了理论与方法原型，为非常规突发事件应急管理系统平台提供了顶层设计指导，如图 1 所示^[5]。

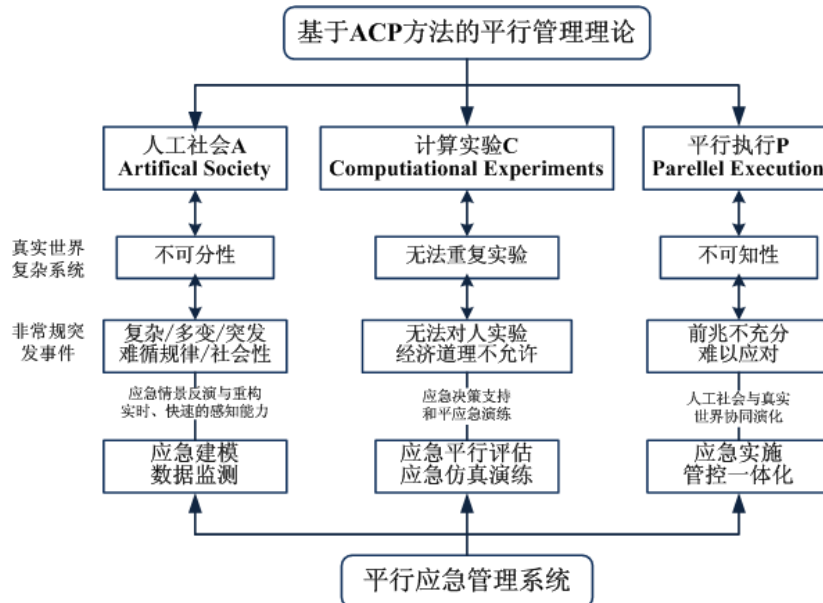


图 1 基于 ACP 方法的平行应急管理系统

针对生产类突发事件逐渐向非常规化、复杂化、网络化、社会化方向发展的现状，非常规突发事件的应急管理面临巨大的挑战。具体而言，突发事件的处置难以得到准确的事件信息，因此难以实现快速的应急响应和高效的应急资源调度，构成了应急管理的复杂与困难。非常规突发事件发生的突然性和发展的未知性，对应急管理提出了更苛刻的要求。由于缺乏具体预案和实时监控信息，非常规突发事件的应急管理在多元信息采集与表示、事件的动态评估、应急资源的动态组织与调度等方面，有更高的要求。石化等生产企业及其周围的人和环境中，由自然或人为灾害等造成的危险品泄漏、恐怖袭击、火灾爆炸等突发性事故应急处置得当与否，直接关系到国家财产得失和人民生命的安危，这对非常规突发事件平行应急处置关键技术及系统有重大和急迫需求，亟需国家组织力量进行技术攻关^[15-17]。

本文针对石化生产企业及其周围的人和环境中由自然或人为灾害等造成的危险品泄漏、恐怖袭击、火灾爆炸等应急处置需求，结合基于 ACP 方法的平行管理理论，研究了一整套生产类非常规突发事件平行应急处置解决方案。其技术总路线如图 2 所示，该方案由人工社会、计算实验、平行执行三部分组成。

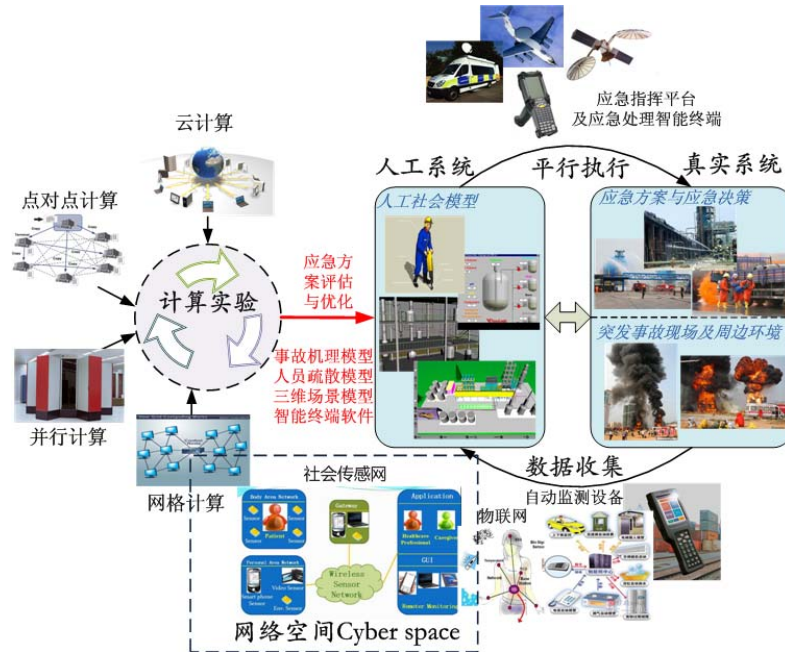


图2 平行应急管理总体技术路线

3 关键技术与解决方案

本文结合基于 ACP 方法的平行管理理论，针对由自然或人为因素等造成的危险品泄漏、恐怖袭击、火灾爆炸等诱发的生产类非常规突发事件，研究了生产类非常规突发事件平行应急处置关键技术及解决方案。本文研究的关键技术分为三部分：突发事件感知技术、突发事件分析与演练技术、突发事件平行处置技术，关键技术结构组成如下图 3 所示。三部分分别对应 ACP 方法中的人工社会（A）、计算实验（C）和平行执行（P）。

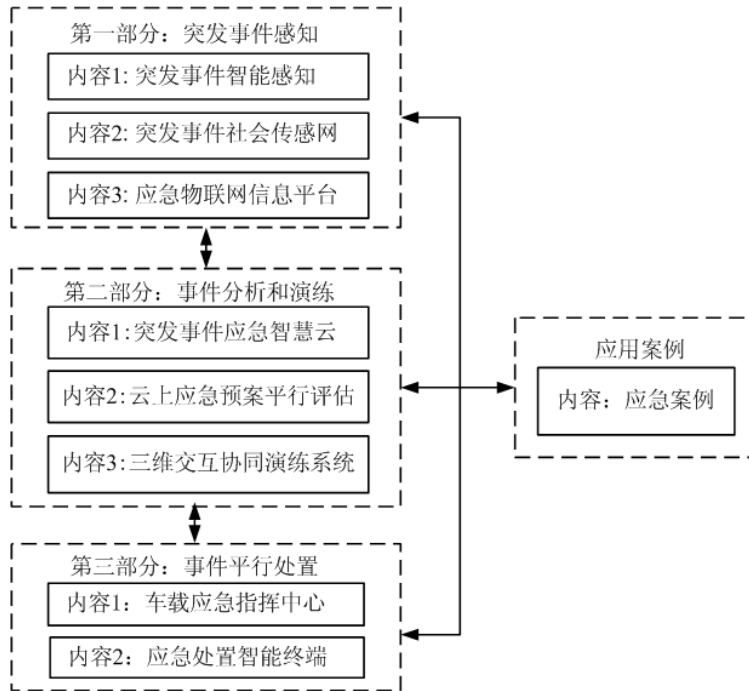


图3 关键技术结构组成

3.1 “A”人工社会：突发事件感知

在非常规突发事件应急管理中，及时、全面的突发事件信息的感知和传输对应急处置具有重要意义。在本文解决方案中，为了加强突发事件智能感知能力，采用了三种关键技术：1) 突发事件智能感知监测技术，研发以视频自动监测为主的新型监测技术，实现对生产企业内部区域、周边环境中的人员行为、生产状态和周边环境的实时监测；2) 应急物联网信息技术，实现监测数据的互联互通；3) 突发事件社会传感网，研究新型社会传感网实现对突发事件前、中、后人员心理的状态检测。

1) 突发事件智能感知

为了及时、全面的对生产类非常规突发事件进行监测，本文研究了以视频智能检测为主的突发事件智能感知技术。以视频监控为主的新型智能传感网主要面向人员监测、车辆监测、设备监测和危化品监测，实现厂区内的行人、车辆、危险设备、厂区门口等重点区域和对象的智能监测。在传统的监控技术与管理平台基础上，增加智能检测、智能分析、智能报警、智能跟踪等功能，实现视频监控、关键生产安全参数检测、危险品泄漏监测等功能，形成智能化的突发事件自动测与管理平台，其技术路线如图 4 所示。

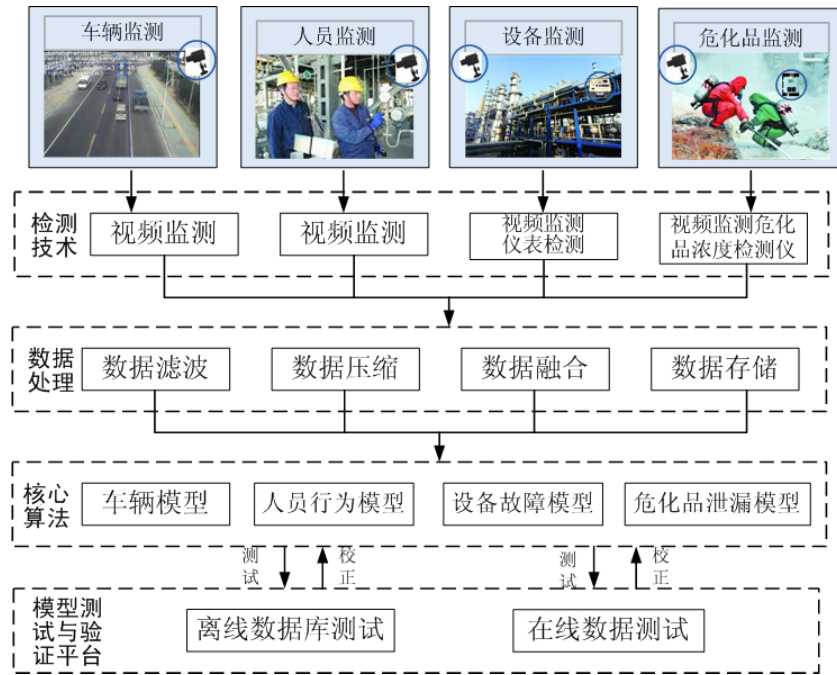


图 4 智能监测技术路线图

该模块主要包括车辆智能监测与分析系统、人员智能检测与分析系统、设备智能检测与分析系统、危化品泄漏自动检测与分析系统等四部分。

1) 车辆智能监测与分析系统。在厂区门口、主干道交叉口等关键区域对进入厂区的车辆进行视频监控。在关键区域安装视频检测器，检测并自动分析车辆图像信息，特别是运载危化品的车辆进行重点监测。

2) 人员智能监测与分析系统。人员视频监控，用于防御恐怖组织、不法分子等人员对石化等战略能源要地进行入侵，从而造成生产事故。前景建模分析专家和行人分类专家分别为前景检测分析和行人检测分析提供了技术可行性。基于视频中的人员行为，利用行为建模和行为分析技术，进行人员监测分析。

3) 设备智能监测与分析技术。对影响生产安全的关键性设备状态进行监测，通过图像采集和分析技术，对设备着火等重大安全事故进行实时视频监控；通过工业仪器仪表，对设备的压力、温度、液位、流量等关键状态参数进行监测、报警。对设备的监测数据及时送入智能感知网，。

4) 危化品智能监测与分析技术。通过气体浓度监测仪对危化品中的毒气进行实时监测，并把监测结果及时送入智能感知网，达到对厂区的有毒气体和易燃易爆等气体的有效监测。

除此之外，采用针对各类生产类非常规突发事件的其他感知技术和装备，如辐射检测、烟气检测、激光温度检测等技术。

2) 突发事件社会传感网

构建基于网络开源情报与万维社会媒体的多源信息感知与语义聚融的社会传感网。以适应非常规突发事件的极端环境下时效性强、信息匮乏、心理压力等特殊边界条件带来的挑战。同时，随着应急事件中社会化倾向的日益增强，社会传感网能够满足信息化时代给非常规突发事件应急管理带来的挑战。

非常规突发事件出现后，互联网往往能够以文本、图像、视频等方式在第一时间提供最全面的动态信息，如何利用网络信息技术手段进行动态感知、结构化、存储、管理并对其进行计算建模，以辅助事件情景的重构与协同演化，形成社会传感网，其具体包括^[14]：事件相关的社交媒体信息采集和过滤；开源信息的语义聚融方法；网络信息传播模式分析；基于开源信息的突发事件演化过程分析；突发性事件爆发预测方法；社交媒体信息的标准化和信息库构建；跨管理域环境下基于语义的突发事件应急数据聚合方法；跨管理域环境下的分布式语义数据存取技术方案；基于语义网络的突发事件分析处理平台等多方面内容。通过上述功能，社会传感网为网络化信息安全提供了新的有力支持。

3) 应急物联网信息平台

基于新型物联网的应急处理信息平台，实现突发事件的信息互联互通、汇聚和共享。为系统用户提供所需要的关键设备和重要场所的信息，防止避免信息孤岛的形成。结合以智能视频检测为主的新型传感网等感知系统，构建基于新型物联网的应急处理信息平台。

- 1) 厂区突发事件专用传感网：研发面向工业生产厂区突发事件的专用传感网络设备；研究该专用传感网络的体系框架，以社会传感网和以智能视频检测为主的新型传感网为感知网络，形成强大的信息感知网。
- 2) 厂区突发事件状态感知私有云：由多种检测设备采集的厂区重点区域、重点设备、关键人员、危险品状态数据进行标准化存储和处理。一旦突发事件发生，便可为应急处置、事故分析等提供有力技术支持。

3.2 “C”计算实验：突发事件的分析与演练

通过信息传输平台和云计算技术，对突发事件智能监测得到的数据信息进行传输、计算和分析，并发送至计算实验模块。通过平行评估机制对预案进行优化，产生最终的应急预案。在常规情况下，可以通过事故数据进行应急演练。综上所述，突发事件分析和演练分为三方面内容：1) “突发事件应急智慧云”，实现数据的标准化存储和管理；2) “云上应急预案平行评估”，依据突发事件的历史数据和实时数据，实现对各类突发事件发展的推演和预测，并对预案进行优化评估；3) “三维交互协同演练系统”，实现三维沉浸式情景演练，提高整体应急水平和能力。

1) 突发事件应急智慧云

建立云计算平台，融合应急系统中的社会传感网、智能视频检测为主的新型传感网和物联网中的所有信息，并实现这些信息的标准化存储，对厂区私有云中所有数据进行灾备，为应急处置中的数据分析和决策制定提供充分的技术保障。

- 1) 厂区生产检测数据和城区社会传感网数据等多种海量数据的采集与存储。为有效采集传感网中的厂区和城区检测数据，需研究传感网中各传感器的最优采样率确定方法；为有效存储海量厂区和城区检测数据，并能够保证查询响应时间，研究海量数据的压缩存储方法，建立数据综合信息平台时需研究基于云存储的开放式可扩展数据仓库技术。

- 2) 厂区生产检测数据和城区社会传感网数据等多种海量数据融合。为提高厂区和城区信息采集系统的鲁棒性，增强系统对环境变化的适应能力、时间和空间覆盖能力，同时为提高厂区和城区状态数据的可靠性和一致性，必须对采集到的多源、高维、异构、多层次、带有误差的前端传感器数据进行融合。为此，需要研究传感网各传感器最优采样率确定策略和基于云平台的海量数据融合方法，从而为后续厂区突发事件的管控和多方协同应急处理提供有力支持和保障。

2) 云上应急预案平行评估

云上应急预案平行评估的主要内容是基于 ACP 方法对应急预案进行平行评估，通过评估指标对多套应急处理预案进行比较，从中选出适用的应急预案。其研究内容主要为三部分：

- 1) 构建非常规突发事件的多套处理预案和模型：主要包括非常规突发事件的机理模型、人员疏散模型、人员行为模型、三维场景模型、事件触发模型等多种模型；危险化学品大区范围泄漏处理预案、恐怖袭击紧急处理预案、重大自然灾害应对预案、重大人为事故紧急处理预案等多套应急预案。利用非常规突发事件的人工系统实现对非常规突发事件的仿真模拟。

- 2) 利用云平台在非常规突发事件人工系统上进行应急预案计算实验。模拟运行人员行为对非常规突发事件处置过程的影响规律、模拟运行不同的应急预案流程对非常规突发事件应急处置效果的影响规律及社会传感网在非常规突发事件应急处置中的关键作用效果。

- 3) 生成应急预案评估报告，形成专家知识库，为非常规突发事件的应急决策提供支持。

3) 三维交互协同演练系统

非常规突发事件情景的可视化可以极大提高应急管理战术决策的质量和及时性。平台的情景可视化为用户提供全方位、多模式的非常规突发事件情景表现，支持用户通过可视化手段控制计算实验。现有的突发事件情景可视化技术往往局限于被动式显示信息，没有提供合适的交互手段，无法帮助决策者主动式搜集综合多种信息来源，也就无法展示所需细节并做出正确决策。

本文研究了用于非常规突发事件情景可视化的大场景交互式可视化系统，为决策者提供全方位、多模式的非常规突发事件情景表现，支持用户通过触屏式交互方式控制可视化场景下的计算实验。

利用上述的综合性应急响应系统的三维模型库和危机信息地图的交互等技术，构建厂区的应急演练平台，进行多角色“情景—应对”式演练。应急演练主要是为厂区应急预案的演练提供一个虚拟的学习演练环境，实现安全低成本的培训功能，主要研究内容如下：依据厂区典型重要应急预案，细化提炼各种演练场景；根据事件发生先后的逻辑条件判断事故演化；为各种角色用户提供决策提示；分析评价各种角色用户的操作行为；采用三维技术提升演练效果。

3.3 “P” 平行执行：突发事件的平行处置

为了保证计算实验得到的应急预案有效的实施，反应敏捷的突发事件平行执行装置尤为重要。突发事件平行处置，包含两方面的研究内容：1) 车载应急指挥中心：研制车载应急指挥中心，作为室内应急中心的移动备份，使后方的云计算平台和现场的信息处理相结合，提高应急状态感知、分析与处置能力；2) 应急处置智能终端：研发和云计算相适应的智能终端，实现紧急情况下信息的快速采集、通信、处理能力。

1) 车载应急指挥中心

为满足非常规突发事件应急处置实时性、及时性的需求，本文拟开发车载应急指挥平台。车载应急指挥平台主要实现应急指挥调度、信息接收与处理、通信保障、定位导航、信息安全保障、指挥协同、决策支持、视频会议、警报控制发放等功能，如图 5 所示。该系统主要有以下关键子系统构成：

1) 搭乘子平台研发：选取合适的汽车底盘进行改装，提供设备安装空间、舒适的操作环境和指挥场所。保证该平台的安全性、适应性、机动性和稳定性；保证车载体在危险化工厂区在内的非常规突发事件场景区的通过能力、平衡稳定能力以及其他的机械性能。

2) 通讯子平台研发：研究融合 GPS/北斗卫星电话、3G/LTE 移动电话等多种通信方式，综合地联系起来，组成一个多功能、全方位的立体通信系统，保证在非常规突发事件发生范围内的任何地方，至少能够有一种通信方式可以实现与现场所有应急处置人员的互联互通。

3) 网络子平台研发：通过卫星链路和有线链路联入生产车间计算机综合信息网和互联网。联入生产厂区突发事件专用传感网，实现在现场利用卫星通道调看和查询专用传感网内图像、数据等信息，成为辅控终端。在现场通过应用生产车间计算机综合信息网上的应急业务综合信息系统，帮助决策者掌握更快捷和全面的情况。

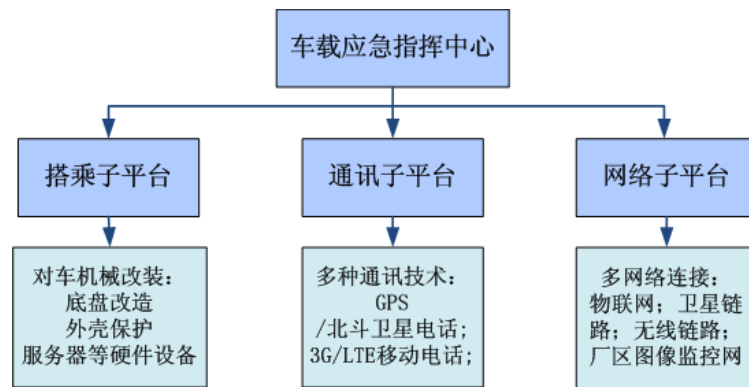


图 5 车载应急指挥中心结构图

2) 应急处置智能终端

为确保应急处置过程中现场救援人员的安全及事故详细信息的实时获取，拟研发应急处置智能终端设备，利用这类设备实现泄漏气体的扩散浓度信息监测预报，易燃易爆气体泄漏扩散周边信息预报，泄漏源定位、事故现场人员疏散情况等实时信息。本文研究的应急处置的智能终端系统组成图 6 所示。该系统主要实现：信息采集监测、信息采集点定位、参数监测、报警等功能。

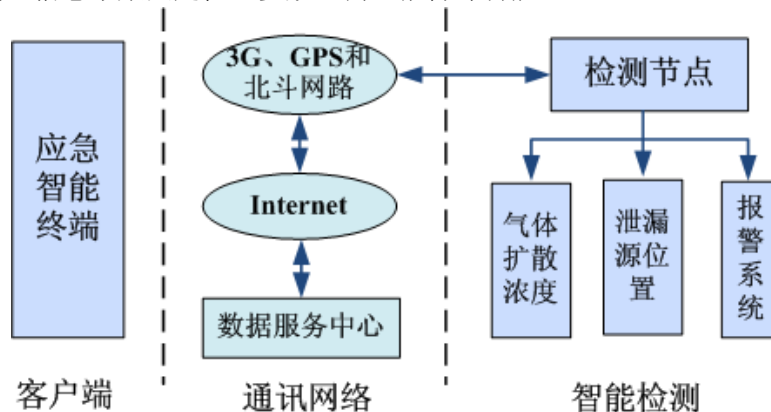


图 6 智能终端结构图

4 典型应用的方案设计

本文所述解决方案拟在某石化企业厂区及所在市区做应用示范，其应用流程如图 7 所示。在正常生产状况下，该石化厂区作为高危险性生产企业被以视频检测为主的新型感知网进行动态监测，并把多种检测数据利用物联网等信息平台进行收集；同时，对该石化厂区所在的城市市区采用社会传感网进行监测，并把监测信息传入信息平台。基于物联网的信息平台把采集的数据送入云计算平台，从而云平台对海量数据实现标准化存储和数据融合。和平状态下，通过云平台，设置三维演练情景，用于培训相关人员，尽可能地避免人为灾害的产生并且提高应对能力。当非常规突发事件发生时，现场数据和图像通过智能监测设备和信息传输设备传入云计算平台。云平台对数据进行分析处理，通过平行评估机制优化并启动云平台内存储的应急预案。应急预案一旦启动，便通过网络传输到石化厂区，对应急处理提供决策支持。为了保证在停水、停电、断网等极端情况下信息的畅通，与后方云平台相联接的应急指挥车作为灾备设备进入现场，它既能与灾区一线的智能终端进行现场状态的信息交互，又能把现场数据、救援物资优化调度方案等信息提供给现场指挥负责人，为救援工作提供强有力的技术支持和决策支持。

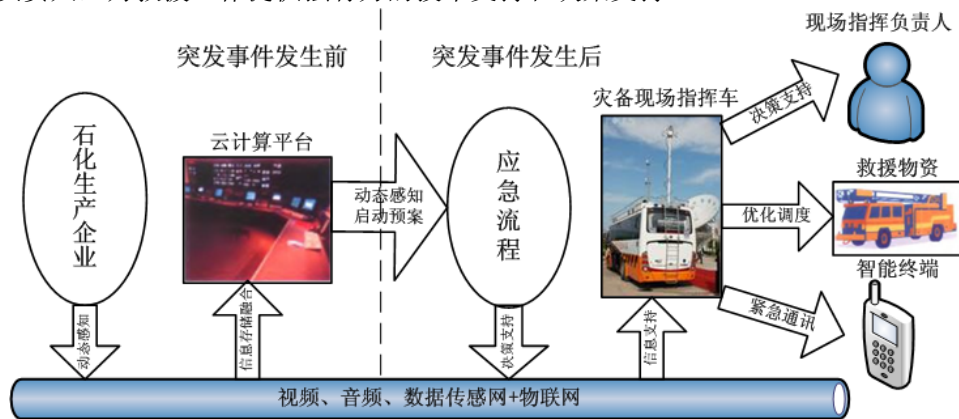


图 7 石化厂区非常规突发事件应急处理流程图

具体而言，拟建立的该套解决方案主要包含的软硬件系统如下所示：

1) 非常规突发事件感知。构建在设置 200 个视频监测点，100 个其他监测点的新型传感网。构建新型物联网信息平台，实现多种检测数据的传输畅通，避免信息孤岛的产生。创建社会传感网，覆盖该石化企业厂区及所在城市约 100 万人口。

2) 非常规突发事件计算实验。建立云平台，以厂区工业生产检测数据和城区社会传感网数据等多种数据为对象，实现多种海量数据的采集、存储、融合等功能。开发三维仿真与演练系统，通过厂区的三维“情景—应对”式应急演练，对相关人员进行应急培训。应急预案及平行评估平台，包括人员疏散、毒气泄漏等模型、预案优化评估标准体系等功能。

3) 非常规突发事件平行执行。平行执行包括两部分研究内容：车载应急指挥中心和智能终端。应急指挥中心是具有灾备作用的 2 台现场应急指挥车。智能终端是为生产车间值班长配备便携式智能终端，共 50 台。以上两执行设备用以在停水、停电、断网等严峻形势下保证现场数据的畅通。

基于上述软硬件技术，构建石化厂非常规突发事件应急处理解决方案，其组织结构如图 8 所示。

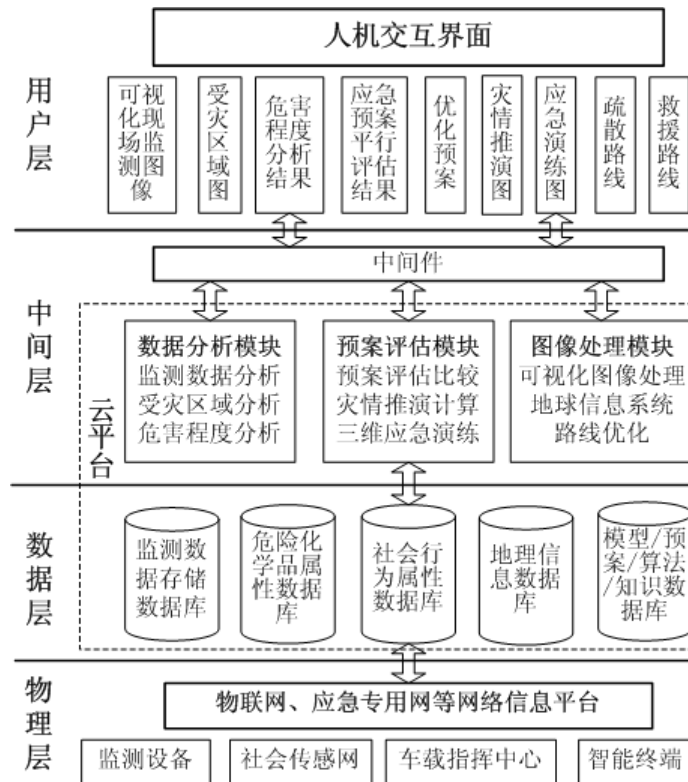


图 8 石化厂区突发事件应急管理系统结构图

5 总结

结合基于 ACP 方法的平行管理理论，提出了一套全风险的生产类非常规突发事件平行应急处置解决方案，并研究了其关键技术。主要采用视频检测、社会传感网等智能检测技术，对厂区及城区进行全方位监测；采用云平台和多套应急预案实现“情景-应对”式的应急决策评估，并通过三维仿真进行展示和演练；采用车载指挥中心和智能终端提高平行处置的执行力度。整套方案兼有生产系统和社会系统的整体性、检测的实时性、执行的敏捷性，具有广阔的应用前景。

致谢：

本文撰写得到王飞跃研究员、曾大军研究员的指导，还有项目组程长建、刘希未、范东、郭大蕾、王凯等的参与和支持，在此表示感谢。

支持本文研究的课题包括：国家自然科学基金项目 70890084, 60921061, 90920305；中国科学院项目 2F09N05, 2F09N06, 2F10E08, 2F10E10；留学回国人员科研启动基金项目 4T05Y03 等的资助；横向项目：齐鲁公司烯烃厂平行管理系统研发与应用的。

参考文献

- [1] 范维澄. 国家突发公共事件应急管理中科学问题的思考和建议[J]. 中国科学基金, 2007 (2): 71-76
- [2] 吕海燕, 李文彬. 我国生产安全事故统计分析与预测[J]. 中国个体防护, 2004 (3): 8-18
- [3] 中国网络电视台 <http://news.cntv.cn/society/20110624/107173.shtml>
- [4] 人民网 <http://politics.people.com.cn/GB/14562/13909545.html>
- [5] 王飞跃, 邱晓刚, 曾大军等. 基于平行系统的非常规突发事件计算实验平台研究[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2010, 7 (4): 1-10.
- [6] 刘铁民, 李湖生, 邓云峰. 突发公共事件应急信息系统平台结合[J]. 中国安全科学学报, 2005, 1 (5): 3-7

- [7] 郭翔,余廉,唐林霞.国外应景管理政策研究述评[J].软科学,2008,22(10):34-48
- [8] 张新梅,陈国华,张晖等.我国应急管理体制的问题及发展对策的研究[J].中国安全科学学报,2006,16(2):79-87
- [9] 钱学森,于景元,戴汝为.一个科学的新领域:开放的复杂巨系统及其方法论[J].自然杂志,1990,13(1):3-10
- [10] 王飞跃.平行系统方法与复杂系统的管理和控制[J].控制与决策,2004,19(5):485-489.
- [11] 王飞跃,史蒂夫.兰森.从人工生命到人工社会——复杂社会系统研究的现状和展望 [J].复杂系统与复杂性科学,2004,1(1):33-41.
- [12] 王飞跃.人工社会、计算实验、平行系统——关于复杂社会经济系统计算研究的讨论[J].复杂系统与复杂性科学,2004,(4):25-35
- [13] 熊刚,王飞跃.平行管理理论与方法.首届全国平行管理会议,2009年,北京
- [14] 王飞跃,曾大军,曹志冬.网络虚拟社会中非常规安全问题与社会计算方法[J].科技导报,2011,29(12):15-22.
- [15] Walker J., Williams B.J., Skelton G.W.. Cyber security for emergency management[C]. Technologies for Homeland Security (HST), 2010 IEEE International Conference on , 2010: 476 – 480.
- [16] Guoqiang Xiong, Jinliang Yang. Multi-objective dispatch model of emergency management under multi-resource combinations[C]. Business Management and Electronic Information (BMEI), 2011 International Conference on, 2011, 5: 216 – 219.
- [17] Ge Guo, Fuzhang Wang, Ping Li, Chunhuang Liu. Research on computational architecture for railway emergency management system based on ACP theory[C]. Intelligent Control and Automation (WCICA), 2010 8th World Congress on, 2010: 5331 – 5336.