

◆钻井完井◆

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2011.06.012

油田事故灾难应急救援体系设计与实现

高晓荣¹,徐英卓²

(1. 西安石油大学石油工程学院,陕西西安 710065;2. 西安石油大学计算机学院,陕西西安 710065)

摘要:针对我国现行油田事故灾难应急救援体系的不足,从应急救援的组织体系、运行机制、分级响应机制及工作流程等角度出发,运用网络通信、地理信息系统及计算机支持协同工作等技术,构建了一套组织高效、资源配置优化、反应迅速、决策指挥科学的应急救援体系,同时开发了与之配套的油田事故灾难应急救援系统。该系统由应急预案管理、救援资源管理、应急报警受理、救援指挥调度、应急救援地理信息、信息通道、应急救援培训、查询与统计分析及网站信息管理等9个功能模块组成,可用于突发事故的应急救援决策指挥以及平时的培训与应急演练。该系统的应用,可充分利用现有的各种救援力量与资源,实现跨地域、跨部门信息及资源的可视化管理、共享与实时调度,并提供全方位、可视化、高效的应急救援信息服务与决策支持,能通过网络实现各级应急救援机构异地统一指挥、协同救援,从而提高了应急救援的科学性与时效性。

关键词:油田事故灾难 应急救援 分级响应

中图分类号:TE28;TE38 文献标识码:A 文章编号:1001-0890(2011)06-0049-07

Design and Implementation of Emergency Rescue System for Oilfield Accident Disaster

Gao Xiaorong¹, Xu Yingzhuo²

(1. College of Petroleum Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China;
2. College of Computer, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China)

Abstract: Aiming at the lack of current emergency rescuing systems in our country for oilfield accidents and disasters, a new system with the characters of high-efficient organizing, optimized resource deploying, fast-reacting, scientific decision-making and command was constructed by the technology of network communication, geographic information system and computer-supported cooperative work, from these angles including organizing system, running mechanism, grading response mechanism and workflow of emergency rescue, and so on. At the same time the emergency rescue decision-making command system for oilfield accident disasters was developed. This system is composed of 9 functional modules including emergency plan management, rescue resource management, emergency alerting accepting, rescue commanding and dispatching, Geography information system, information communication, emergency rescue train, query and statistic analysis, as well as website information management. It can be used for decision-making and commanding in emergency rescue for accidents, along with pacific training and emergency rehearsal. The system, which can make full use of all types of rescue powers and resources, can make information and resources in different zones and department visualization managed, shared and real-time scheduled, and provide all-side, visualization and high efficiency information services, along with decision-making support. In addition, it can achieve the unified command of all levels of emergency rescuing organizations in different locations by network, thereby cooperating to emergency rescue. Consequently, it can improve emergency rescue in terms of science and real-time.

Key words: oilfield accident disaster; emergency rescue; system; grading response

油田事故灾难应急救援是一项非常复杂的系统工程,涉及许多层面,尤其是重特大突发事件的应急救援过程,通常涉及众多政府管理机构与部门,需各方应急救援力量密切配合、统一指挥,协同作战。因此,如果在事故灾难发生前建立完善的应急救援体系,制定周密的救援计划,在事故灾难发生时及时采取有效的应急救援行动,可大大提高油田企业应对和防范突发事件的能力。然而我国现行的油田事故应急救援体系还很不完善,主要体现在:1)各大

收稿日期:2010-08-24;改回日期:2011-09-30。

作者简介:高晓荣(1975—),女,陕西延安人,1995年毕业于西安石油学院石油工程专业,2006年获西安石油大学油气井工程专业硕士学位,讲师,主要从事钻井工程及其信息应用技术方面的研究。

联系方式:(029)88382680,gxr_0501@126.com。

基金项目:西安石油大学中青年创新基金项目“油田事故灾难应急救援可视化协同决策支持系统研究”(编号:2010QN001)、陕西省教育厅自然科学研究项目“水平井地质导向临境模拟与监控系统研究”(编号:11JK0793)和国家自然科学基金项目“基于随钻信息和知识集成的钻井风险动态管理与决策控制研究”(编号:51074125)联合资助。

油田所制定的应急救援预案还只是传统的文件或文本型的,操作性不强,不系统、不完整,更谈不上是体系^[1];2)“信息孤岛”现象严重,不能实现各救援部门资源共享,各部门间的信息链条不完整,不能畅通地实现快速而有效的信息交流,信息传送速度慢,救援机构及职能部门不能在第一时间掌握事故情况,易延误救援的最佳时机;3)应急管理不规范、薄弱,缺乏完整、直观而便捷的应急救援信息(如事故地点的地理地貌、人口分布和交通等);4)缺乏强有力的应急救援指挥系统,当发生突发事故时,难以迅速地组织各方力量协调配合,统一、高效地开展救援行动。为此,笔者构建了一套组织高效、资源配置优化、反应迅速和辅助决策科学的油田事故灾难应急救援体系,并开发了相应的救援系统,通过网络实现各级应急救援指挥机构及联动部门异地统一指挥,协同应急救援,以提高应急救援的科学性和时效性。

1 油田事故灾难应急救援体系的构建

1.1 应急救援组织体系

各救援部门紧密配合、协调工作是保障应急救援高效性和及时性的前提,为此需建立一套完善的组织体系来支撑。根据油田各单位的组织结构,将应急救援组织体系总体上设计为井场级、厂级、油田公司级和集团公司级,如图 1 所示。每一级各有其业务功能,各级之间保持通信和数据联系,以实现整个事故灾难应急救援系统的完整性。各级应急救援

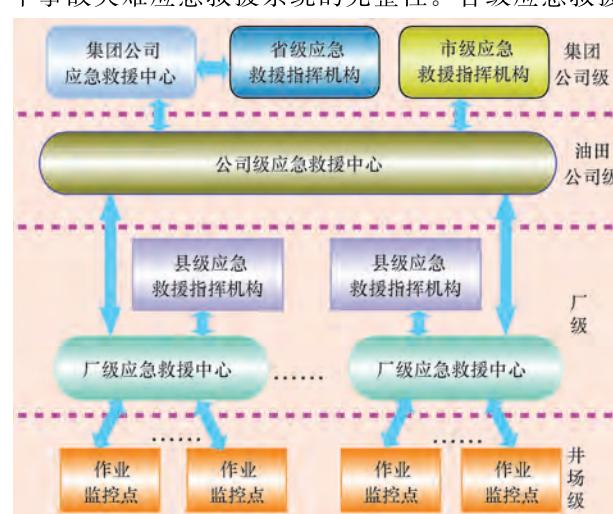


图 1 油田事故灾难应急救援机制总体框架

Fig. 1 Structure of emergency rescue system for oilfield accident disaster

中心又分别与省、市及县级应急救援指挥机构建立数据通讯联系。所有相关单位之间通过网络交换实时可靠的信息,在事故灾难发生时完成应急救援任务的指挥与调度,平时负责宣传、培训和应急演练。

1) 井场级。面向基层钻井作业队及站库的应急救援人员,在每个二级单位选择一些基层作业队及站库设立监控点。主要任务是:a. 平时负责现场作业安全监控数据的录入与上传,宣传安全救护知识;b. 发生事故时及时报告厂级应急救援中心,按照其指示开展救援工作,跟踪救援情况并及时上报。

2) 厂级。面向油田二级单位(如采油厂、分公司)应急救援人员,在油田二级单位设立厂级应急救援中心,主要任务是:a. 接收、处理所辖基层作业队及站库监控点上报的安全生产信息、现场视频、事故信息等,并上报公司级应急救援中心;b. 进行应急演练和安全培训;c. 发生事故时及时上报油田公司应急救援中心和县级应急救援指挥机构,按照其指示和有关规定向作业监控点下达指令,安排救援队伍,并与联动单位(如医院、消防队)联系,实施救援行动,同时跟踪救援情况并及时报告。

3) 油田公司级。面向油田公司应急救援人员,在油田公司设立应急救援中心。该中心是整个应急救援系统的指挥中枢,其上级连接着集团公司应急救援中心、市级应急救援指挥机构,下级连接着厂级应急救援中心,主要任务是:a. 接收、处理各厂级应急救援中心上报的安全生产信息、现场视频信息、事故信息等;b. 进行应急演练;c. 发生事故时组织救援,及时上报集团公司应急救援中心和市应急救援指挥机构,按照应急救援指挥机构的指示和有关规定下达指令,提出应急救援方案,协调指挥厂级应急救援中心的救援工作,并跟踪救援情况,组织专家咨询,为应急救援提供技术支持。

4) 集团公司级。面向集团公司应急救援人员,在集团公司设立应急救援中心,当发生重特大事故时负责协调指挥油田公司级应急救援中心的救援工作,并及时上报省级应急救援指挥机构。

1.2 应急救援运行机制

油田事故灾难应急救援实行统一指挥、分级响应、属地为主的应急救援运行机制。

1) 统一指挥。它是应急救援活动的最基本原则^[2]。救援指挥分为现场指挥和场外指挥两种形式,但无论哪种形式都必须实行统一指挥的模式,无

论应急救援活动涉及单位的行政级别高低和隶属关系有何不同,都必须在应急救援指挥中心的统一组织协调下行动,统一号令、步调一致。

2) 分级响应。指在初级响应到扩大应急过程中实行分级响应的机制,扩大或提高应急级别主要依据事故灾难的危害程度、影响范围和控制事态的能力。扩大应急救援主要是提高救援指挥级别,扩大应急范围等。

3) 属地为主。它强调“第一反应”思想和以现场应急指挥为主的原则,便于调动各级各地救援力量。

1.3 应急救援分级响应机制

按照事故灾难的危害程度、影响范围和可控性,将油田事故灾难应急响应级别分为Ⅰ级响应(特别重大事故)、Ⅱ级响应(重大事故)、Ⅲ级响应(较重大事故)和Ⅳ级响应(一般事故)^[3]。

1) Ⅰ级响应。针对发生特别重大井喷失控、油气泄漏、火灾、爆炸、中毒事故,严重危及周边群众的生命财产安全,预期造成30人以上死亡、或100人以上中毒、或1亿元以上直接经济损失、或特别重大社会影响,事故势态发展严重,且亟待外部力量应急救援等。

2) Ⅱ级响应。针对发生重大井喷失控、油气泄漏、火灾、爆炸、中毒事故,危及周边群众的生命财产安全,预期造成10~29人死亡、或50~100人中毒、或5 000~10 000万元直接经济损失、或重大社会影响等。

3) Ⅲ级响应。针对发生较大井喷失控、油气泄漏、火灾、爆炸、中毒事故,危及周边群众的生命财产安全,预期造成3~9人死亡、或30~50人中毒、或直接经济损失较大、或较大社会影响等。

4) Ⅳ级响应。针对发生井喷失控、油气泄漏、火灾、爆炸、中毒事故,危及周边群众的生命财产安全,预期造成3人以下死亡、或30人以下中毒,或一定社会影响等。

其中Ⅳ级响应由单位负责,即由事故单位负责一般安全生产事故的应急处置工作;Ⅲ级响应由油田公司负责;Ⅱ级和Ⅰ级响应由集团公司负责。

1.4 应急救援工作流程

油田事故灾难应急救援工作程序主要包括事故接警登记、事故确认、应急启动、应急行动、事故续报、应急终止及事故总结等有序过程^[4],应急响应详细流程如图2所示。

1) 事故接警登记。当监控中心接到事故报警后立即对事故的基本情况进行登记。若事故现场可以访问应急救援系统则直接通过系统进行登记,否则通过电话报告,让上级相关部门在系统中登记。

2) 事故确认。对事故信息进行综合分析和判断,确认事故的等级和所要启动的具体应急预案。

3) 应急启动。根据确认的事故等级和分级响应机制启动相应的应急预案,设置相应的应急响应级别。

4) 应急行动。根据启动的应急预案展开事故救援工作。

5) 事故续报。对事故发展动态进行跟踪汇报,当事故无法得到有效控制时向上级机构请求升级响应。

6) 应急终止。救援工作完成后,根据要求及时解除应急响应,恢复正常的工作状态。

7) 事故总结。事故处理完成后对事故的发生与处理情况及时进行总结,并对相关资料进行归档。

2 油田事故灾难应急救援系统的设计

2.1 整体设计

油田事故灾难应急救援系统采用浏览器/服务器模式的分布式结构,共设计人机交互层、应用层、服务层和数据层4层。其中人机交互层位于客户端;数据层位于数据库服务器;应用层与服务层由Web服务器和GIS(geography information system)服务器构成^[5],Web服务器负责管理客户端Web页面,响应客户端服务请求,若请求是对地图操作,则发送至GIS服务器进行处理,处理结果通过Web服务器合成最终页面后返回浏览器;GIS服务器提供GIS服务。

1) 人机交互层主要包括连接登录、用户操作权限控制以及应用服务接口模块,为各类用户提供一个统一而透明的操作界面。

2) 应用层由网站信息管理、查询统计、应急救援培训、信息通信、救援地理信息、救援指挥调度、应急报警受理、救援资源管理、应急预案管理等9个子系统组成,负责突发事故的决策指挥与救援以及平时的培训和应急演练。

3) 服务层向应用层提供业务模型、方法、知识、案例以及GIS应用服务框架等服务功能。由应急

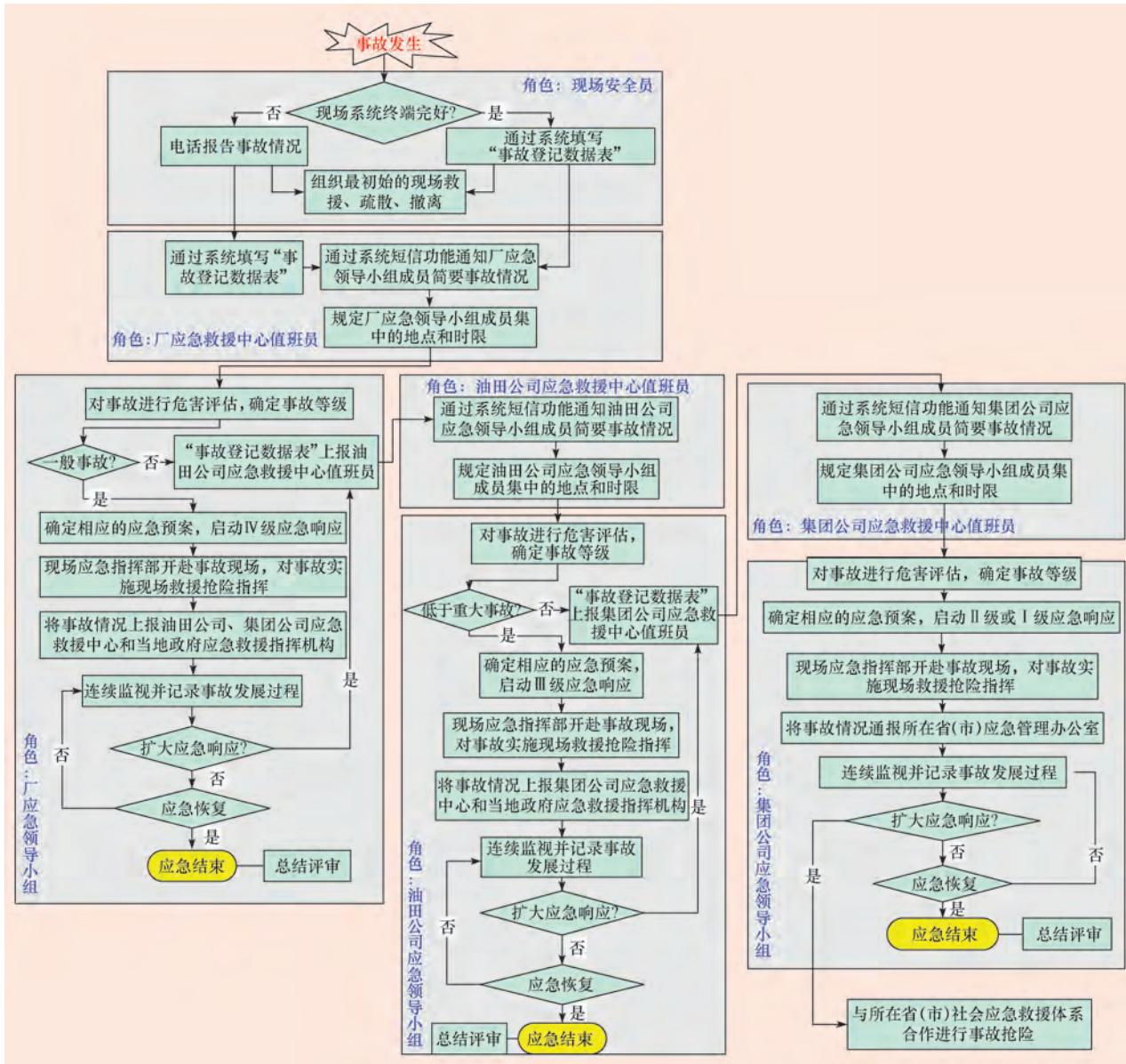


图2 油田事故灾难应急救援响应流程

Fig. 2 Emergency rescue work flow for oilfield accident disaster

救援决策指挥模型库、方法库、案例库、知识库以及建立在它们之上的应用服务模块、GIS应用服务组件组成。该层将所需的模型、方法和技术设计为具有通用接口的组件,以提供一个通用的资源共享的服务平台。

4) 数据层为上层应用提供数据资源,负责从井场实时监控系统、各种井场信息服务软件、第三方应用软件(如办公类)等采集现场各类工程作业数据、安全生产信息、事故现场视音频信息、生产报表以及油田勘探开发区的地质构造、井位分布及其图形和图像信息等,其信息形式有各种类型的(Acess、SQL Server等)数据库、文档(Word、Ex-

cel等)及图形/图像文件。针对应急救援组织机构的分布式环境,将上述多源、异构信息进行综合集成,并分类存储于应急救援中心服务器的综合数据库,为各级应急救援中心、机构提供一个共享的基础信息平台。

根据数据存储内容、性质和表现方式综合数据库分为空间地理数据库、业务数据库和数据仓库3部分^[6]:a. 空间数据库主要由勘探开发区基础地形图和专题(包括井位、伤亡事故、重点保护目标、安全生产监管机构、救援人员、救援装备、医疗机构、疏散场所等分布)图层数据组成;b. 业务数据库包括油田企业基本信息、事故记录、安全生产信息、事故分

类、应急预案、救援机构信息、职能部门信息、应急救援物资信息、事故现场处理案例等;c. 数据仓库中的数据从业务数据库与空间地理数据库中抽取,按事故应急救援决策主题进行组织。

2.2 主要功能模块设计

主要功能模块包括应急预案管理、救援资源管理、应急报警受理、救援指挥调度、应急救援地理信息、信息通信、应急救援培训、查询与统计分析及网站信息管理等 9 个子系统。

1) 应急预案管理子系统。管理各种突发事故的应急预案,实现应急预案的建立、修改、审核归档、分类管理及发布等功能。应急预案的管理采用分级管理制度,只有具有管理权限的用户才能操作,一般用户只能浏览各类应急预案。预案数据库包括应急预案分类数据表和应急预案数据表。

应急预案分类数据表中的数据按突发公共事件分类,分为自然灾害类、事故灾难类、公共卫生类和社会治安事件类;按应用单位分类,分为集团公司、油田公司和油田二级单位;按预案针对性分类分为综合预案、专项预案和现场预案。

应急预案数据表包括数据项和注释项。数据项包括类别名称、预案名称、预案代码、预案内容、预案级别、检索关键、访问次数、编制人、编制单位、签发人、颁布日期及标记。“类别名称”来源于应急预案分类数据表中的“类别名称”。“预案级别”分为 I 级、II 级、III 级和 IV 级。“标记”分草稿、待审、发布或作废。

2) 救援资源管理子系统。管理救援资源(包括救援专家、救援队伍、医疗救护、交通单位、救援物资和救援装备等)的基本概况、所在位置、状态及分布情况等,使应急救援过程能迅速调用可用资源;同时为预案制定、应急指挥提供全面的数据支持,所管理的救援资源还可通过 GIS 系统以不同图层直观展示。

3) 应急报警受理子系统。当接到井场各作业监控点及人工报警信息时,抽取事发区地理位置,进行智能辩识与判断,自动确定报警地点,并通过 GIS 系统在电子地图上显示事故点位置;同时对每次报警信息自动产生报警记录并在数据库中存档,主要内容包括报警时间、报警电话号码、报警人员、事故地点、受理台应答时间、挂机时间等。

4) 救援指挥调度子系统。该子系统是整个系统的核心,负责对事故信息做出快速反应,一旦发生

事故,根据应急报警受理子系统接收的信息,对事故信息进行综合分析与判断,先判别事故类型、性质,并按应急响应级别确认事故级别,再从预案库中提取相应的救援预案,调度指挥救援;同时对救援过程实行全程实时监控,跟踪事故现场动态,并根据事态变化自动调整救援方案,发出救援指令,协调各应急救援机构及救援资源,同时从 GIS 系统获取与地理环境有关的各类信息(如最佳救援路线),迅速提供准确的地理信息和应急方案。

5) 救援 GIS 子系统。通过构建勘探开发区的电子地图,将地理地貌、人口分布、疏散场所、交通、救援资源配置与分布等信息可视化,为应急救援提供可视化决策指挥支持平台,以保证事故应急救援时,在最短时间内直观而简便地进行事故定位、受影响区域与人数统计分析、救援路线分析以及救援方案比较等,为应急救援决策指挥提供最佳方案;平时可用于应急演练。

6) 信息通信子系统。负责各级应急救援中心、机构及联动部门之间的通信。根据事故的确认与判别,对较严重的、需跨地域支援的事故,则通过该子系统向上级部门汇报,并接收其指示与处理方案。

7) 应急救援培训子系统。负责应急救援人员及井场、站库操作人员的日常培训与应急演练。

8) 查询、统计分析子系统。以电子地图为基础,实现各类信息(如井位、事故、应急预案、救援资源等)可视化查询以及事故救援统计分析,如受影响区域和人数统计分析、救援行进路线分析等。

9) 网站信息管理子系统。负责录入、发布和维护网站信息,主要包括通知公告、行业新闻、突发事故及应急救援进展动态、预警信息等。

3 油田事故灾难应急救援系统的实现

3.1 开发与运行环境

系统采用微软公司的 Visual Studio. NET 2003 作为开发平台,以 C# 和 ASP. NET 为主要编程语言;Web 服务器采用 IIS 6. 0, GIS 服务器为 MapXtreme 2008, 数据库服务器为 Oracle Enterprise Edition 10g。系统网络环境以覆盖集团公司、油田公司内部的企业局域网为主,各级外联单位(包括省级、市级和县级应急救援指挥机构)通过企业虚拟专用网(VPN)接入油田公司内部网。

3.2 关键技术实现

3.2.1 事故点定位

油田事故具有突发性和地点不确定性,及时、准确获取事故点位置信息是应急救援的关键。在油田事故信息报告中,最重要也是最缺乏一致性标准的是事故点地理位置信息。事故点定位就是对事故点位置报告进行分析,将其转化为计算机可识别的标准信息格式以实现电子地图定位。进行定位的步骤为:

- 1) 事故位置报告输入。报告来源有各监控点的事故监视及现场人工口头报告等。输入方法有手动和自动方式,事故监视位置可采用自动输入,口头报告需手动输入,并按图3所示方式进行事故位置口头报告内容解析,以保证输入格式规范。

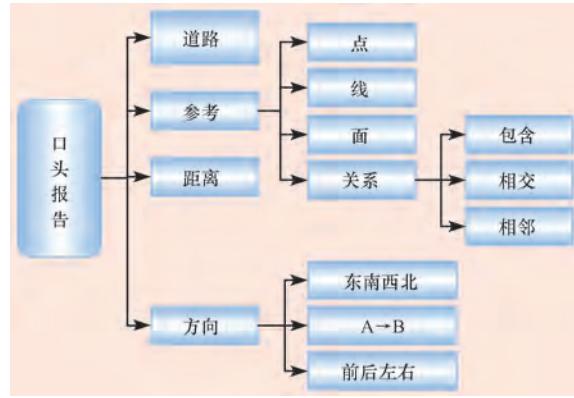


图3 事故位置口头报告内容解析

Fig. 3 Content interpretation for accident position oral report

- 2) 位置计算。输入的事故位置信息大多有误差,因此不能直接定位,需根据输入的位置进行搜索计算,再定位到最邻近的道路或标志物。

- 3) 事故发生地点显示。将定位结果在电子地图上高亮显示,并将事故区域置于显著视觉位置。

3.2.2 事故点位置计算方法

位置计算需先确定事故现场道路的走向,其原则是根据事故地点道路中心线或中心线的切线与指北线的夹角来定,并以事故现场附近较永久性的标志物作为基准点来描述某位置的距离。位置计算方法如下:

- 1) 坐标转换。输入的事故点位置信息可能采用多种坐标(如大地坐标、平面坐标)表示,因此必须对这些不同坐标系下的坐标进行投影计算,转换成电子地图系统下的坐标。这里采用适于任意椭球的

高斯平面坐标正反算的实用算法^[7]对大地坐标和平面坐标进行转换,步骤为:a. 根据椭球模型获取椭球长半轴、第一偏心率及第二偏心率;b. 计算正算子午线弧长系数 C_1, C_2, C_3, C_4 或反算底点纬度系数 K_1, K_2, K_3, K_4 ;c. 计算该点纬度到赤道子午线的弧长或该点的底点纬度;d. 计算大地坐标或平面坐标。

- 2) 方向识别。采用平面直角坐标系,正北方向为y轴,参考点为原点 (x_0, y_0) ,事故点为 (x, y) ,计算前进方向与正北方向夹角 α ,顺时针为正,对位置报告方向进行平面直角坐标识别,以便定位搜索。按方向分类:a. 方向为东, $x > x_0$;东南, $x > x_0, y < y_0$;南, $y < y_0$;以此类推。b. 方向为 A→B,如果 A、B 不全为点,则先取满足位置条件的 A 上的点或 B 上的点,使之成为 A 点至 B 点形式;若 $x_B - x_A > 0$,则 $x > x_0$;若 $y_B - y_A > 0$,则 $y > y_0$,以此类推。c. 方向为左右,设真实角度为 β ,左, $\beta = -90^\circ + \alpha$;右, $\beta = 90^\circ + \alpha$,将 β 按 45° 计算归属东、东南等八个方向之一,再使用 a 进行方向识别;A 点→B 点的报告中,B 点为前,A 点为后。

- 3) 定位计算。根据报告的不同信息按以下不同算法进行计算:

- a. 基于道路点计算。若报告中指明道路点(监控点、固定标识等),且该点正好是事故点,则进行坐标系变换,取该点与道路上最近点(垂足或端点)为线上的点;若该点不是事故点,则从求得的线上的点起,按方向识别的 X、Y 区域进行定长搜索,最终确定事故点位置。

- b. 基于所在区域计算。若报告中指明道路与所在区域,搜索该区域多边形与道路的交点,取第一个与最后一个交点的中间点作为事故点位置;若未指明道路,则在精度许可前提下按最高等级道路搜索该区域,取第一条道路上位于该区域的中间点作为事故点位置。

- c. 基于标志物计算。也分指明与未指明道路的情况,对指明道路的采用基于道路点的算法,对未指明道路的设定适当容限值,搜索标志物一定容限内的道路,计算标志物与最高等级道路的最近点,取该点为事故点。

3.2.3 救援指挥调度

指挥调度的对象分为静态机构和动态救援力量两类^[8],其中静态机构位置固定,有固定的网络客户端连接,专人负责;动态救援力量通过移动网络与服

务器连接。

指挥调度主要通过群发指令方式实现。群发指令的手段有网络群发和短信群发。根据事故点定位信息,系统自动寻找最近的相关救援力量,对于静态机构,从救援资源数据库中取其固定IP地址,对于动态救援力量,从动态IP记录临时文件中取得IP地址,然后将事故信息与调度要求群发至各客户端,使相关救援机构与救援力量迅速掌握事故信息,并根据指令要求立即投入救援工作。

在采用群发指令指挥调度时,系统提供了对自动找到的最近救援力量进行人工调整的功能,可人工选择救援机构与动态救援力量,然后发布调度指令,并确认指令是否被执行,同时开启实时交互。

4 现场应用

以延长油田为试点单位,并以油田风险性最大的钻井作业为突破口进行了油田钻井事故灾难应急救援系统的开发、测试。目前,该系统在延长油田投入运行,功能齐全、性能稳定,平时进行应急救援培训和应急救援演练,发生事故时能及时分级报警、组织救援(限于篇幅,运行实例略去),已初步达到推广应用的目的。油田事故灾难应急救援系统的主要特性为:1)集事故灾难的分析与识别、分级、报警、组织施救以及平时的专业培训、应急演练等过程为一体,提供了一个可视化决策指挥平台;2)构建了统一的事故灾难应急救援指挥体系,能充分利用现有的各种救援力量与资源,实现跨机构、跨地域及部门的信息和资源的可视化管理、共享与实时调度,以及救援资源的优化配置与组合;3)通过网络实现了各级应急救援指挥机构、联动部门异地统一指挥,协同应急救援,从而提高了应急救援的科学性和时效性。

5 结束语

在油田事故灾难发生前建立完善的应急救援体系,制定周密的救援计划,而在事故灾难发生时采取及时有效的应急救援行动,以及事故后的系统恢复与善后处理,可大大提高油田企业的风险意识,增强企业及个人应对和防范突发事故及灾难的能力,最大限度地减少事故灾难造成的危害。油田事故灾难应急救援系统为油田事故灾难应急救援提供了全方

位、可视化、高效率的信息服务与决策指挥平台。随着石油工业的迅速发展,油气勘探开发的规模不断扩大,油田事故灾难应急救援系统将会发挥越来越重要的作用。

参 考 文 献

References

- [1] 崔元顺.石油天然气勘探开发的应急预案[J].安全与环境工程,2004,11(3):82-85.
Cui Yuanshun. The emergency response plan in oil/gas exploration and development [J]. Safety and Environmental Engineering, 2004, 11(3):82-85.
- [2] 吴宗之,刘茂.重大事故应急救援系统及预案导论[M].北京:冶金工业出版社,2003:233-235.
Wu Zongzhi, Liu Mao. Introduction to emergency rescue system and preparedness for major accident [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2003:233-235.
- [3] 国家安全生产监督管理总局.陆上石油天然气开采事故灾难应急预案[EB/OJ].[2010-08-10].<http://www.cworksafety.com/101813/101944/102477/11105.html>.
State Administration of Work Safety. Emergency preparedness for land oil and gas production accident disaster [EB/OJ].[2010-08-10].<http://www.cworksafety.com/101813/101944/102477/11105.html>.
- [4] 刘铁民,刘功智,陈胜.国家安全生产应急救援体系分级响应和救援程序探讨[J].中国安全科学学报,2003,13(12):5-8.
Liu Tiemin, Liu Gongzhi, Chen Sheng. Probe into response at different level and rescue procedure of national emergency response system for work safety [J]. China Safety Science Journal, 2003, 13(12):5-8.
- [5] 湛永松,卢兆明,袁国杰.基于WebGIS的分布式城市应急决策支持模型[J].微电子学与计算机,2008,25(10):51-53.
Zhan Yongsong, Lu Zhaoming, Yuan Guojie. WebGIS based distributed urban emergency decision-making support model [J]. Microelectronics & Computer, 2008, 25(10):51-53.
- [6] Zenger A, Smith D I. Impediments to using GIS for real time disaster decision support[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2003, 27(2):123-141.
- [7] 成英燕,李夕银.适用于不同椭球的高斯平面坐标正反算的实用算法[J].测绘科学,2004,29(4):26-27.
Cheng Yingyan, Li Xiyin. The practical arithmetic for Gauss plane coordinates computation of different ellipsoid [J]. Science of Surveying and Mapping, 2004, 29(4):26-27.
- [8] 高淑萍,刘三阳.应急系统调度问题的最优决策[J].系统工程与电子技术,2003,25(10):1223-1224.
Gao Shuping, Liu Sanyang. Optimal decision for scheduling problem in emergency systems [J]. Systems Engineering and Electronics, 2003, 25(10):1223-1224.