

文章编号: 1006-6616 (2012) 03-0224-11

野外地质调查作业管理与安全 保障系统设计与实现

汪大明¹, 白云鹏², 方洪宾¹, 付 琨², 龙 辉², 李以福², 吴方才²

(1. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083;

2. 中国科学院电子学研究所, 北京 100190)

摘 要: 基于北斗导航定位、遥感卫星以及基础地理空间信息承载与综合显示平台而建立的野外地质调查作业管理与安全保障系统, 采用组件化、平台化的系统体系结构, 具备强大且灵活的可扩展性和可集成性。该系统可实现野外地质调查区域基础遥感影像、GIS 和 DEM 数据等的分层显示、北斗通讯和导航信息的实时显示、通讯历史记录和定位信息的查询、野外地质调查人员的通讯与定位等; 同时可实现野外地质调查人员与各级管理部门的互联互通, 管理部门对野外作业人员的作业态势、作业进度可进行综合查询, 对野外作业人员的外勤安全、遇险救援提供决策支撑。该系统在部分野外地质调查示范单位运行效果良好。

关键词: 地质调查; 作业管理; 资源承载与综合显示

中图分类号: V474.2; P627

文献标识码: A

0 引言

野外地质调查中有很大的工作区域在中国西北、西南等高海拔地区^[1-4], 这些地区大多环境恶劣, 许多地方人迹罕至, 给野外地质调查工作带来了一定的难度, 而借助于卫星导航技术、遥感技术和地理信息技术能够在一定程度上为研究工作带来便利。

基于国产导航定位卫星、遥感卫星以及基础地理空间信息承载与综合显示平台而建立的野外地质调查作业管理与安全保障系统, 充分利用卫星通信机动性强、基本不受时间和地域限制的优势, 实现了野外调查人员与各级管理部门的互连互通。野外调查人员遇到紧急情况时可快速告知各级地质调查管理部门, 便于其根据事件等级做出快速反应, 对遇险人员提供实时救援, 提高了对野外地质调查人员的安全保障和服务能力; 系统同时可为各级地质调查管理部门提供工作区基础地质数据、野外调查人员工作状态和分布态势以及野外作业进度等信息, 实现了野外地质工作作业进度查询与管理。

收稿日期: 2012-04-12

基金项目: 国家发改委高技术产业化示范工程项目“基于我国卫星的野外地质调查应用高技术产业化示范工程”; 中国地质调查局矿产资源评价专项“野外地质矿产调查服务与管理信息系统研建与应用”(1212011120215)

作者简介: 汪大明 (1982-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事遥感卫星、通讯导航等技术在矿产和能源领域应用研究。E-mail: daming82@qq.com

1 系统设计

1.1 设计思路

野外地质调查作业管理与安全保障系统作为地调中心实时管理、监测野外工作人员和调配物资装备的枢纽,主要按以下几大功能进行设计:

①作业管理数据库建设,实现单位信息、部门信息、工区信息、工作组和野外调查人员的定位、短信信息等的管理,以注册用户身份登录进行相关信息浏览、外业人员查询、基础信息管理等操作。

②基础地理空间信息承载与综合显示平台,主要对多种类型的基础地理数据及不同类型的业务数据进行组织及可视化展示。

③北斗通信信息的综合监控和管理。

④态势分析与 管理,了解野外地质调查人员的作业进度,通过区域检索等工具分析北斗终端、野外地质调查人员和相关装备等信息在资源承载平台上的综合显示。

⑤利用作业管理数据库中用户、单位和北斗终端等基础信息,实现作业管理与应急保障操作功能在资源承载与综合显示平台上的集成查询和管理。

1.2 系统架构设计

依据系统的业务需求和研究目标,在重点考虑软件系统在编程规范、接口标准、资料类型、数据获取等方面标准规范的基础上,设计系统体系架构。

1.2.1 组件化设计

软件系统包括多个核心功能部件,按层次化、组件化设计,既可保证系统的最大复用能力,又可保证扩充系统的最小影响性。

本系统的建设是在使用过程中不断扩展、不断完善的,采用组件化、平台化的系统体系结构进行设计,能使该系统具备强大且灵活的可扩展性、可维护性以及可集成性。

1.2.2 扩展性设计

为了满足业务应用不断发展的需要,系统的规模也会由小到大、由简单到复杂。在系统设计时充分考虑未来各个用户单位的专业应用需求;当增加新的业务功能需求时,系统要能够灵活扩展新的应用,而不需改变原有技术架构和系统结构。因此,可扩展性是系统设计中着重考虑的因素。

在设备配置方面,软硬件配置要具备可伸缩性及动态平滑扩展能力,通过系统框架和相应服务单元的配置,适应业务量的变化,以获得良好的性能价格比。

系统功能方面,在基于资源承载与服务应用的支撑体系结构之上,系统将易于进行功能扩充,为作业管理与安全保障的综合示范应用提供更多的服务。

1.2.3 松耦合和易用性

各子系统集成采取松耦合原则,子系统之间保持相对独立,既共享与交换必要的信息,又能相对独立地运行,互不干扰;而在应用整体层面则是一体化的,布局合理的操作接口,保证用户在业务处理和业务分布上合理科学,符合业务的常规。

系统充分考虑用户特点进行设计,力求软件界面友好,结构清晰,流程合理,功能一目了然,菜单操作以充分满足用户的视觉流程和使用习惯为出发点,保证系统易理解、易学习、易使用、易维护、易升级。此外,部分功能软件自动运行,无需人工干预,操作人员仅

在系统报警提示的情况下,进行必要的人工干预和故障维修。所有的故障状态和信息都应自动记录和存储,便于事后的故障对策分析。

1.2.4 系统架构方案

根据上述设计思想,野外地质调查作业管理与安全保障系统架构方案划分为基础设施层、数据资源层、平台基础层、系统应用层、用户层等5个层次(见图1)。

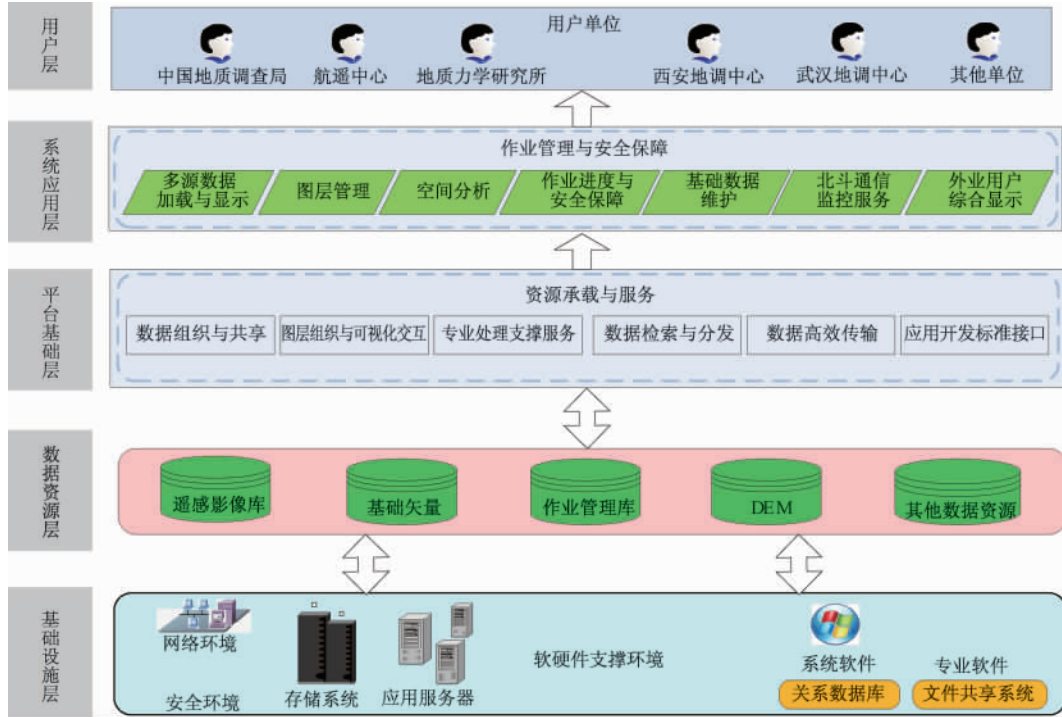


图1 野外地质调查作业管理与安全保障系统架构图

Fig. 1 Framework of the system of operation management and security safeguard for field geological survey

①基础设施层:野外地质调查作业管理与安全保障系统的开发和建设在中国国土资源航空物探遥感中心现有数据存储、网络设备、应用服务器的基础上进行。硬件支撑平台为数据汇集、应用开发、系统运行提供计算机系统环境,包括计算机、存储设备和网络设备等;底层支撑软件为各子系统提供开发、测试与运行的软件环境支撑,包括操作系统、数据库管理系统软件等。

②数据资源层:主要作为野外地质调查作业管理与安全保障系统的数据资源共享层,其中包括了遥感卫星影像库、作业管理数据库等,还包括为系统运行提供所需的各种环境以及可以利用的技术资源等。

③平台基础层:向下需要数据资源层的支持,向上提供实现系统应用所需的专业处理等功能,它需要一个合理的架构才能发挥其可扩展的特点,为系统提供最基本的功能和架构支撑。位于该层的资源承载与服务子系统以各类数据和基础技术服务为支撑,为野外地质调查作业管理与安全保障系统提供基础的数据服务。

④系统应用层:野外地质调查作业管理与安全保障通过安装基础地理信息承载与综合显示平台客户端程序,结合作业管理与安全保障相关的应用程序,通过权限认证,各级用户可以获取不同级别的作业管理服务功能。

⑤用户层:主要面向野外地质调查作业管理及相关业务的操作人员和系统维护人员,提

供作业管理与安全保障应用的统一入口。

1.3 数据流程设计

野外地质调查作业管理与安全保障系统的数据流程如图2所示。

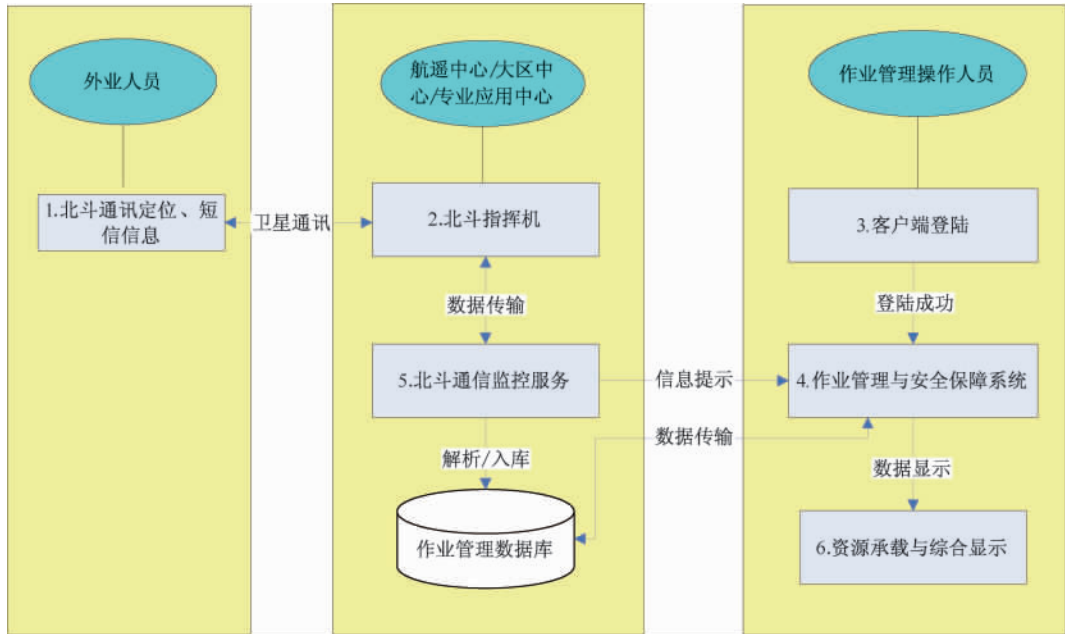


图2 野外地质调查作业管理与安全保障系统数据流程图

Fig. 2 Data flow of the system of operation management and security safeguard for field geological survey

北斗定位：北斗指挥机向北斗通讯终端发送定位指令；经过北斗卫星网络中心计算生成定位信息，通过卫星通信发送回指挥机；北斗通信监控服务接收指挥机的定位信息，解析入库并且在作业管理与安全保障系统上实时显示。

北斗短信：北斗通信终端和北斗指挥机可以相互发送短信信息；北斗通信监控服务接收指挥机的短信信息，解析入库并且在作业管理与安全保障系统上实时显示。

作业管理：作业管理人员通过指定账号登录到作业管理与安全保障系统；查询作业管理相关的历史信息；发送北斗定位、短信等相关指令；处理和操作作业管理相关的基础信息；资源承载平台综合显示作业管理相关的遥感影像等图像。

1.4 作业管理数据库设计^[5]

作业管理数据库基于 Microsoft SQL Server 2008 的数据库引擎，主要用于存储、处理和保护数据的核心服务。该服务能够设计和实现结构化、半结构化和空间存储以及将非结构化的数据（如文档和图像）存储在文件系统中，从而满足地质调查作业管理与安全保障的业务要求。作业管理数据库主要设计和实现了结构化数据存储^[6]，创建能够满足业务需要的数据库，包括项目基本信息、野外作业人员基本信息、部门信息、单位基本信息、野外移动目标基本信息和北斗通讯的短信信息等；设计和实现了空间数据存储，空间数据表示有关几何对象的物理位置和形状信息，主要包括野外地质调查移动终端的定位信息等。

作业管理数据库实现作业相关数据的集中式管理，各级管理部门的注册用户通过登录野外地质调查作业管理与安全保障系统，可以调用作业管理的基本信息维护功能。例如野外作业人员基本信息、单位机构信息、部门信息、工作组信息、工作项目信息、野外作业终端信

息等都可以通过相关的功能模块实现作业管理基本信息的维护。另外，野外作业终端等北斗设备的定位、通讯等信息也要通过北斗通信接口存储到作业管理数据库。

1.5 软件运行环境

软件运行环境的配置与系统实现的功能密切相关，系统主要实现作业管理数据库的查询和管理、基础地理空间数据承载与综合显示，因此主要的软件配置环境包括：Windows XP SP3 以上操作系统，SQL Server 2008 数据库管理系统，.Net Framework 3.5 运行库，DirectX 9 三维图像显示引擎。

2 系统实现

野外地质调查作业管理与安全保障系统目前开发完成了移动驻地版、专业应用中心/大区中心版和野外工作站演示版 3 个版本。这 3 个版本目前运行在支持 DirectX 9 三维图像显示引擎的笔记本、台式机等电脑设备上，此外还需要安装 .NET Framework 3.5 以上的运行库和 SQL Server 2008 数据库管理系统^[7-9]。

系统主体的编程语言采用 C#，基于 .NET Framework 3.5 类库。库提供了可供在程序中使用的代码，.NET 中的库主要是以 IL 的形式构建，只有在必要的时候才使用本机代码^[10]。

.NET Framework 是支持生成和运行下一代应用程序和 Web 服务的内部 Windows 组件，关键组件为公共语言运行时（CLR）和 .NET Framework 类库。.NET Framework 还提供了托管执行环境、简化的开发和部署以及与各种编程语言的集成。

移动驻地版的功能结构和系统运行主界面见图 3、图 4。

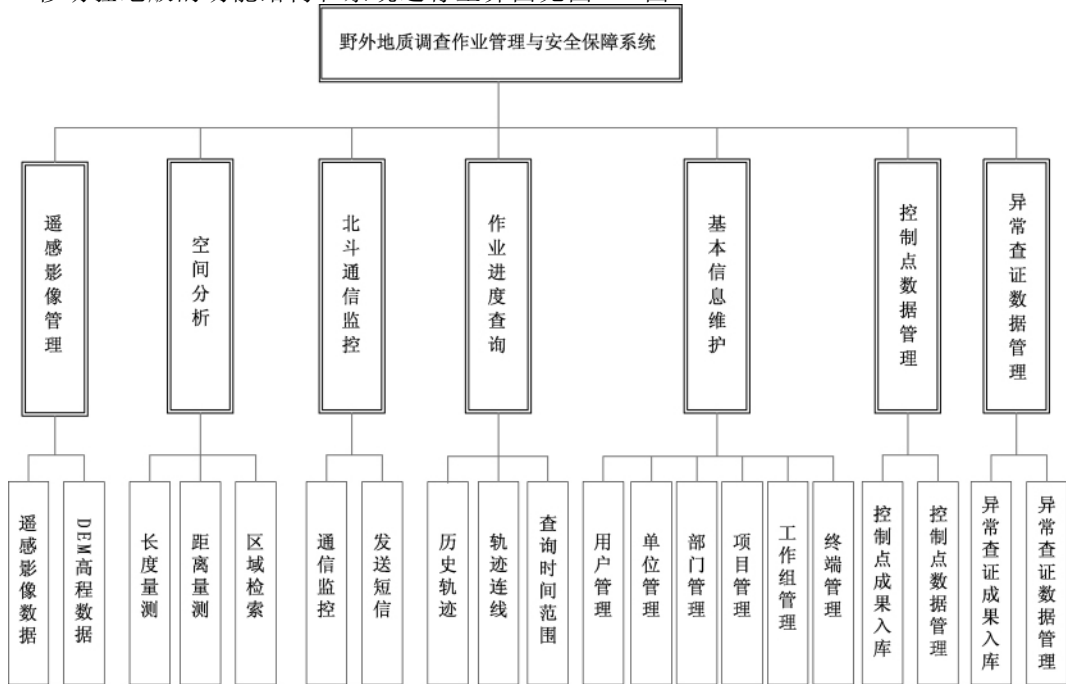


图 3 野外地质调查作业管理与安全保障系统功能结构图——移动驻地版

Fig. 3 Functions of the system of operation management and security safeguard for field geological survey: mobile encampment edition

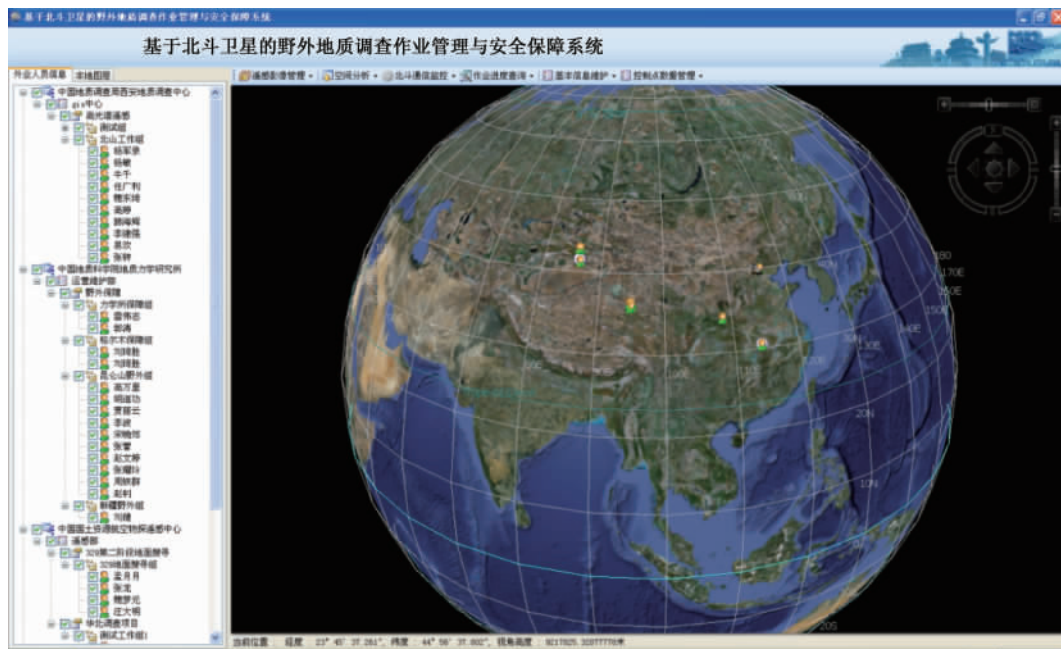


图 4 野外地质调查作业管理与安全保障系统主界面——移动驻地版
 Fig. 4 Main interface of the system of operation management and security safeguard for field geological survey: mobile encampment edition

2.1 资源承载与综合显示

资源承载与综合显示平台主要实现三维图形图像数据的分层显示、数据的基本操作（量测、搜索等），显示野外地质调查区域的基础遥感影像、GIS 和 DEM 数据以及其他地质基础图，并与相应的作业管理与应急保障通过网络、数据库、组件接口方式进行集成。基础平台模块组成见图 5。

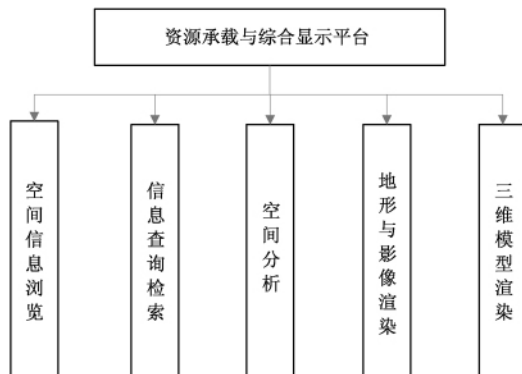


图 5 资源承载与综合显示基础平台功能部件图

Fig. 5 Architecture of the platform of basic geospatial information bearing and integrated displaying

①空间信息浏览：主要包括数据浏览与交互、对数据图层的管理与维护、浏览器详细信息显示等。用户可以通过键盘或鼠标对数据进行浏览，对当前的屏幕进行截图，实现数据图层的加载删除及显示顺序调整。

②信息查询检索：主要用于各种数据类型的查询检索，包括影像查询、矢量查询等；查

询结果通过统一的界面显示,同时点击查询结果可以进行相应数据的打开加载操作。

③空间分析:主要功能为距离量测、面积量测、坡度量测、坡向量测等。

④地形与影像渲染:包括全球基础影像的渲染显示和管理、单个遥感影像的加载显示和图像增强处理以及矢量地图数据的管理控制。主要功能为基础影像加载显示、单个影像的显示管理及增强处理、矢量地图的显示管理。

⑤三维模型渲染:包括对单个三维模型的加载显示和编辑,同时也对大范围的三维模型场景进行管理。主要功能为单个三维模型的加载显示、模型位置、比例和姿态编辑、大规模三维场景加载显示。

2.2 北斗通信监控服务

北斗通讯监控服务以北斗卫星的导航通讯功能为基础,综合集成数据库存储、查询检索以及串口通信等技术,设计和实现了基于北斗卫星的通讯监控服务,包括北斗通讯和导航信息的实时显示、通讯历史记录和定位信息的查询、野外地质调查人员的通讯与定位等,同时也可实现野外地质调查人员与各级管理部门的互联互通、相互配合,满足野外地质调查作业管理与安全保障业务需求。北斗通信监控服务功能见图6。

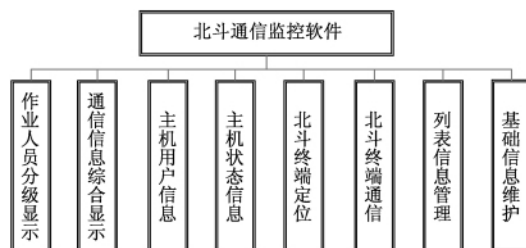


图6 北斗通信监控服务功能结构图

Fig. 6 Functions of the Beidou communication monitoring service

①作业人员分级显示:采用用户单位(1级)、部门(2级)、工作项目(3级)、工作组(4级)、野外作业人员(5级)组织,显示和编目野外作业人员信息,方便管理人员查询、检索。

②通信信息综合显示:综合显示北斗通讯监控的发送信息、接收信息、定位信息、状态信息和历史通信记录等。

③主机用户信息:包括获取用户信息(用于查询主机中的用户信息);返回本机用户信息(用于查询本机用户的卡地址、通播地址、服务频度、保密标志、通信等级等信息);返回下辖用户信息(用于查询本机下辖的用户信息)。

④主机状态信息:用于检测主机的状态信息,包括卡状态、整机状态、入站状态、电量、响应波束、信号强度等信息。

⑤北斗终端定位:包括主机定位申请(请求主机当前的经度、纬度和高程等信息);终端定位申请(请求某一终端的经度、纬度和高程等信息)。

⑥北斗终端通信:包括登录登出(PDA向主机发送的登录登出信息);位置信息(PDA向主机发送的位置信息);消息交互(PDA和主机之间相互发送文本信息);定位命令(主机主动要求PDA发送最新位置信息);人员列表同步请求(PDA向主机发送本组同伴人员列表申请,从主机获取同组人员列表信息,以便于与同伴信息交互);同伴位置请求(PDA向主机发送获取指定同伴的位置信息)。

⑦列表信息管理:对列表信息(包括接收信息、发送信息、定位信息、通信回执、系

统回执、状态指令、短信历史记录等)进行保存或清空管理。

2.3 作业进度查询

系统能够实现外业人员作业进度的实时、动态查询和回放。通过使用北斗通信监控服务的定位功能,快速获取外业终端的位置信息,随时定位外业终端的空间坐标,并且通过北斗通信卫星可以全天候实时传送到野外地质调查作业管理与安全保障中心,从而可以监控野外作业人员的作业轨迹,保障野外作业工作的高效开展。具体的系统运行界面如图7所示。

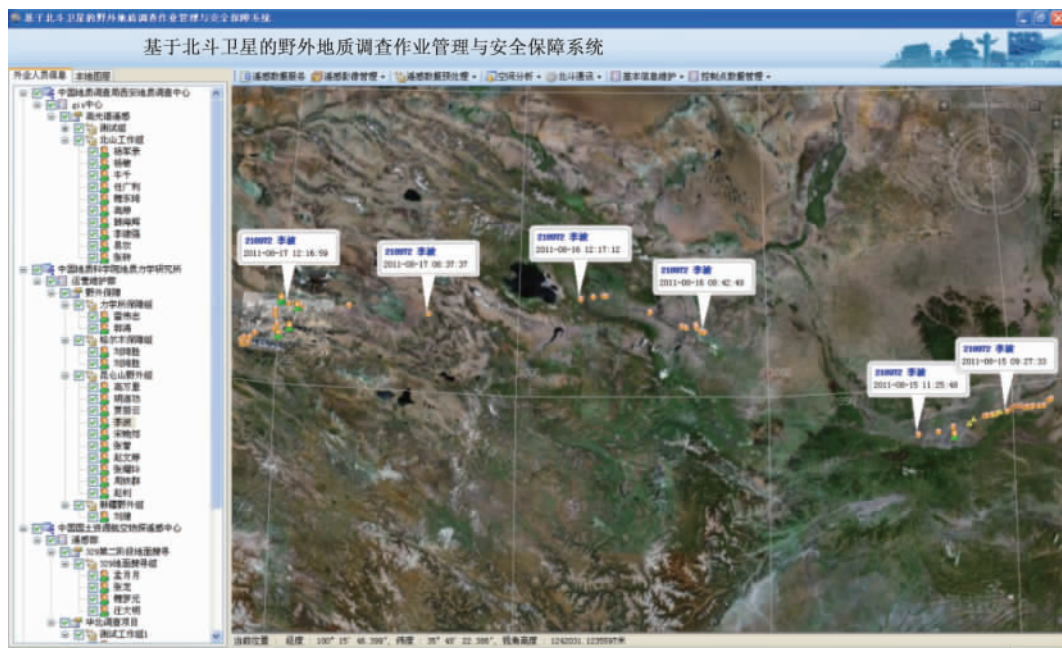


图7 野外地质调查作业管理与安全保障系统——历史轨迹回放

Fig. 7 Playback of historical track in the operation management and security safeguard system for field geological survey

2.4 通信记录综合显示与查询

实现北斗通信记录信息(包括接收信息、发送信息、定位信息、状态信息、短信历史记录和定位历史记录)的综合显示和查询(见图8),选择特定的野外作业人员可自动查询相关的历史记录信息。

3 应用效果与综合分析

原型系统先后参与了云南点苍山地区进行的地质遥感异常查证系统与野外地质调查作业管理与安全保障系统的野外应用试验,新疆库尔勒“3.29”第二阶段地面搜救工作以及东昆仑纳赤台地区的野外示范应用等。

目前野外地质调查作业管理与保障系统已经在中国国土资源航空物探遥感中心、中国地质科学院地质力学研究所、中国地质调查局西安地质调查中心、中国地质调查局武汉地质调查中心等单位部署(见表1),并且进行系统联调和培训。

3.1 原型系统野外应用试验

2011年1月,由中国国土资源航空物探遥感中心、中国地质科学院地质力学研究所、

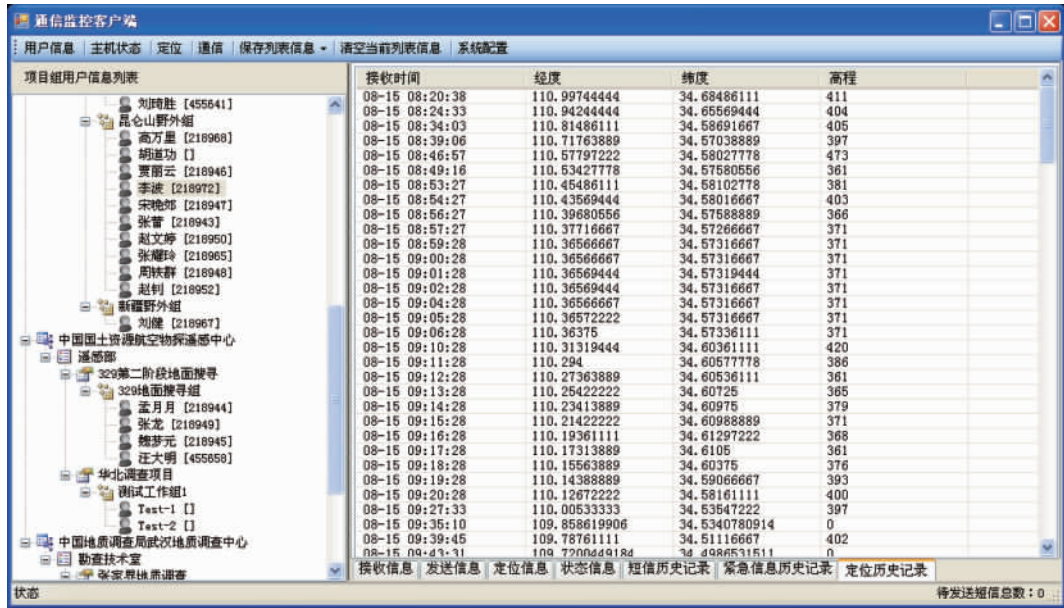


图 8 北斗通信监控终端显示界面

Fig. 8 The display interface of monitoring terminal for Beidou communication

表 1 2011 年度野外地质调查作业管理与安全保障系统部署情况统计

Table 1 Deployment statistics of operation management and security safeguard system for field geological survey in 2011

单位	外业人员	北斗终端	北斗指挥机
航空物探遥感中心	4	6	2
地质力学研究所	14	13	2
西安地质调查中心	10	20	2
武汉地质调查中心	5	8	2
合计	33	47	8

中国科学院电子研究所和中国科学院地理研究所等单位 7 名技术人员, 在云南点仓山地区对新研发的野外地质调查作业管理与安全保障系统及北斗指挥机进行了野外应用试验。测试结果表明, 作业管理与保障系统功能基本实现, 北斗指挥机的相关应用测试基本通过, 但是也给出了功能方面及人性化方面的改进意见。

3.2 新疆库尔勒“3.29”第二阶段地面搜救

2011 年 7 月至 8 月, 中国国土资源航空物探遥感中心组织有关专家和野外人员开展“3·29”事件第二阶段地面搜救工作。本次搜救工作的特点在于: 搜救区域均位于偏远艰险山区, 无手机信号覆盖, 野外搜救人员与管理中心之间采用常规手段无法保证信息的互联互通, 管理中心难以实时了解前方野外搜救情况; 其次, 由于搜救区域位于偏远艰险山区, 海拔高, 某些地区终年积雪, 进行地面工作十分困难, 野外作业风险很大, 迫切需要采用高新技术手段保障野外搜救人员的安全。为此, 中国国土资源航空物探遥感中心采用了野外地质调查作业管理与安全保障系统进行野外搜救人员的安全保障和野外作业轨迹监控。

在“3·29”第二阶段地面搜救过程中, 野外搜救组使用野外地质调查作业管理与安全保障系统进行了野外作业轨迹监控, 并且实时与管理中心沟通, 有效地保障了野外搜救人员的安全。

3.3 东昆仑纳赤台地区野外应用示范

2011年9月,为了更好地验证北斗通讯系统在地质工作中的实用性,中国地质科学院地质力学研究所的野外项目组在东昆仑五龙沟金矿区遥感异常查证过程中进行了北斗定位、通讯应用示范,包含北斗定位航迹应用示范和东昆仑野外北斗终端与地质力学所专业应用中心、东昆仑野外北斗终端与东昆仑野外驻地、东昆仑野外北斗终端之间的通讯测试。测试结果表明除遇到天气、地形、干扰源等特殊情况影响外,北斗定位与通讯在野外地质工作中应用非常便利。

4 结论

野外地质调查作业管理与安全保障系统面向野外地质调查人员和相关各级管理部门的管理人员。系统基于北斗卫星野外作业导航服务,开发作业管理数据库和北斗通信监控服务,接入野外终端机的定位和短信,实现野外作业人员与各级管理部门的互连互通;基于基础地理空间信息承载与综合显示平台,对多种类型的基础地理数据进行数据组织和可视化展示,实现管理部门对野外作业人员的作业态势、作业进度的综合查询,对野外作业人员的外勤安全、遇险救援提供决策支撑。目前该系统已经部署在相关的野外地质调查示范单位,取得了良好的应用示范效果。随着野外地质调查作业管理与安全保障系统的不断完善,应用水平的不断提高,野外应用示范的不断推广,必然会大大提升各级地质调查的作业管理水平和安全保障能力。

参 考 文 献

- [1] 毕思文. 全球变化与地球系统科学统一研究的最佳天然实验室——青藏高原 [J]. 系统工程理论与实践, 1997, (5): 72~77.
BI Si-wen. A best laboratory of the universal research for the earth's global change and earth system science: The Qinghai-Tibet Plateau [J]. Systems Engineering Theory & Practice, 1997, (5): 72~77.
- [2] 吴中海, 赵希涛, 吴珍汉, 等. 西藏纳木错地区约 120 ka BP 以来的古植被、古气候与湖面变化 [J]. 地质学报, 2004, 78 (2): 242~252.
WU Zhong-hai, ZHAO Xi-tao, WU Zhen-han, et al. Palaeovegetation, palaeoclimate and lake-level change since 120 ka BP in Nam Co, central Xizang [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78 (2): 242~252.
- [3] 吴绍洪, 尹云鹤, 郑度, 等. 青藏高原近 30 年气候变化趋势 [J]. 地理学报, 2005, 60 (1): 3~11.
WU Shao-hong, YIN Yun-he, ZHENG Du, et al. Climate changes in the Tibetan Plateau during the last three decades [J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60 (1): 3~11.
- [4] 倪晋宇, 胡道功, 周春景. 东昆仑造山带纳赤台群形成的大地构造环境探讨 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (1): 11~20.
NI Jin-yu, HU Dao-gong, ZHOU Chun-jing. Discussion on tectonic environment of Naj Tal Group, East Kunlun orogenic belt [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (1): 11~20.
- [5] 邓吉秋, 鲍光淑. 基于 GIS 的湖南省国土资源遥感综合调查信息系统分析与设计 [J]. 中南工业大学学报: 自然科学版, 2003, 34 (2): 192~195.
DENG Ji-qiu, BAO Guang-shu. Analysis and design of information system of remote sensing integrated survey about land resources in Hunan Province based on GIS [J]. Journal of Central South University of Technology: Natural Science, 2003, 34 (2): 192~195.
- [6] Fortier P J. 数据库技术大全 [M]. 林瑶, 范建华, 赵刚, 译. 北京: 电子工业出版社, 1999.
Fortier P J. Database Systems Handbook [M]. LIN Yao, FAN Jian-hua, ZHAO Gang, Translated. Beijing: Publishing

House of Electronics Industry, 1999.

- [7] Walters R E, Coles M, Ferracchiati F, 等. 深入 SQL Server 2008 [M]. 任斌, 刘芳芳, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2011.
Walters R E, Coles M, Ferracchiati F, et al. Accelerated SQL Server 2008 [M]. JIA Hong-feng, Translated. Beijing: Tsinghua University Press, 2011.
- [8] Sack J. SQL Server 2008 实战 [M]. 金迎春, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
Sack J. SQL Server 2008 transact-SQL recipes [M]. JIN Ying-chun, Translated. Beijing: Posts & Telecom Press, 2010.
- [9] Lobel L, Brust A J, Forte S. 精通 SQL Server 2008 程序设计 [M]. 贾洪峰, 译. 北京: 清华大学出版社, 2010.
Lobel L, Brust A J, Forte S. Mastering SQL Server 2008 program design [M]. JIA Hong-feng, Translated. Beijing: Tsinghua University Press, 2010.
- [10] Skeet J. 深入理解 C# (第 2 版) [M]. 周靖, 朱永光, 姚琪琳, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2012: 18 ~ 19.
Skeet J. C# in depth (Second Edition) [M]. ZHOU Jing, ZHU Yong-guang, YAO qi-lin, Translated. Beijing: Posts & Telecom Press, 2012: 18 ~ 19.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE OPERATION MANAGEMENT AND SECURITY SAFEGUARD SYSTEM FOR FIELD GEOLOGICAL SURVEY

WANG Da-ming¹, BAI Yun-peng², FANG Hong-bin¹, FU Kun²,
LONG Hui², LI Yi-fu², WU Fang-cai²

(1. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China;

2. Institute of Electronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: Based on the Beidou satellite navigation service, remote sensing satellites, as well as the platform of basic geospatial information bearing with integrated displaying, the system of operation management and security safeguard for field geological survey is established. That uses a structure of components and platform with a powerful and flexible scalability and integration. The hierarchical displays of remote sensing images, GIS and DEM data for field geological survey area, also the query of communication and position, are implemented. At the same time, the interoperability of the personnel about field geological survey and the management departments, the integrated query of the work situation and the progress of the operation, the decision support provided for security and relief, are implemented. Currently, the system has deployed several demonstrational units of field geological survey and gained recognition.

Key words: geological survey; operations management; geospatial information bearing with integrated displaying