

文章编号: 1006-6616 (2012) 03-0242-12

北斗卫星技术在数字地质调查系统中的集成开发与应用

刘畅, 刘园园, 李健强

(中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037)

摘要: 在深入了解“北斗一号”导航卫星系统技术特点的基础上, 结合地质调查工作流程, 研究“北斗一号”导航卫星系统与数字地质调查系统集成关键技术和实现方式以及系统的应用推广模式。研究表明, 基于“北斗一号”卫星系统与 GPS 的双模式位置报送机制, 可以为野外地质调查人员提供稳定的位置服务; 北斗终端与手机的短信互通, 在无手机网络的艰险地区也可与外界保持实时沟通。基于北斗导航卫星的 DGSInfo 系统可实现驻地实时监控和指挥, 有助于野外应急事件的快速响应和处置, 在中心节点可实现全局监控, 为管理部门指挥调度和决策提供依据。GSIGrid 野外地质调查管理服务与安全保障系统可在固定节点实现对移动节点的移动轨迹和通讯信息实时监控, 并能与野外驻地和移动目标进行互动通讯, 为野外地质调查人员提供查询服务, 为突发事件应急处置的管理与决策提供数据支持。集成系统在东昆仑 1:50000 区调项目示范应用中取得了良好效果。

关键词: 北斗一号卫星系统; Rgmap; DGSInfo; GSIGrid; 集成

中图分类号: V474.2; P627

文献标识码: A

0 引言

数字地质调查系统 (DGSS) 是贯穿整个地质矿产资源调查过程的软件, 实现了地质填图与固体矿产勘查的全过程数字化^[1-3]。目前, 数字地质调查系统已经广泛应用于全国地质调查工作中, 有效地提高了中国地质调查工作的信息化水平。在推广应用过程中, 数字地质调查系统不断创新与完善, 融入各种高新信息技术, “北斗一号”卫星技术就是其中之一。

“北斗一号”通信导航卫星系统由中国自主研发, 具有定位、授时和短报文通信功能, 可在全国范围内提供全天候的卫星导航和短信传输服务。随着国家卫星导航民用产业化进程的推进, “北斗一号”卫星的民用运营网络系统与通信终端产品已具备成熟的技术基础, 并已在水利、渔业、交通和气象等诸多民用领域开展普遍应用^[4-5]。

将“北斗一号”导航卫星系统与数字地质调查系统相结合, 是中国卫星技术在野外地质调查领域的首次应用。一方面, “北斗一号”导航卫星系统的引入完善了数字地质调查系

收稿日期: 2012-04-13

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”; 国土资源部公益性行业科研专项“基于 3S 技术的野外地质工作管理与服务关键技术研究与应用”(201011010)

作者简介: 刘畅 (1980-), 男, 内蒙古巴彦淖尔人, 工程师, 主要从事地质调查主流流程信息化研究。E-mail: liu_smooth@163.com

统功能，使其具备了通信功能，增强了系统的信息服务与安全保障能力；另一方面，数字地质调查系统的广泛应用为“北斗一号”导航卫星系统的推广提供了技术和硬件基础，有利于其在地质调查领域扎根和快速发展。本文在充分研究“北斗一号”导航卫星系统技术特点的基础上，结合地质调查工作流程，详细阐述了“北斗一号”导航卫星系统与数字地质调查系统集成过程中的关键技术和实现方式，介绍了系统的应用推广模式和现状。

1 系统研发与关键技术实现

系统集成与研发的总体思路是在软件和硬件方面将“北斗一号”导航卫星系统技术与数字地质调查工作流程深度融合。软件方面，在地质调查的野外数据采集、室内数据整理和管理调度等各个环节中，将“北斗一号”导航卫星系统的定位、通讯和监控功能与成熟的数字调查软件系统集成，包括 3 个子系统：①数字填图野外数据采集系统（Rgmap）；②数字地质调查信息综合平台（DGSInfo）；③GSIGrid 野外地质调查管理服务与安全保障系统。硬件方面，在现有的“北斗一号”导航卫星系统设备基础上进行技术改造，研发满足地质调查工作要求的硬件产品。

1.1 数字填图野外数据采集系统（Rgmap）

数字填图野外数据采集系统（Rgmap）适用于野外作业的移动节点，运行于掌上机中。系统支持北斗蓝牙移动模块和大部分种类的北斗移动一体机（要求屏幕尺寸不小于 3.5 寸，操作系统为 Windows Mobile 系列）。其中，北斗蓝牙模块通过蓝牙功能与程序连接，一体机中的北斗模块通过串口直接与程序连接。由于掌上机存储的数据量较小，并考虑到易于用户从外部编辑，系统采用 xml 文件存储北斗数据。系统功能框架见图 1。

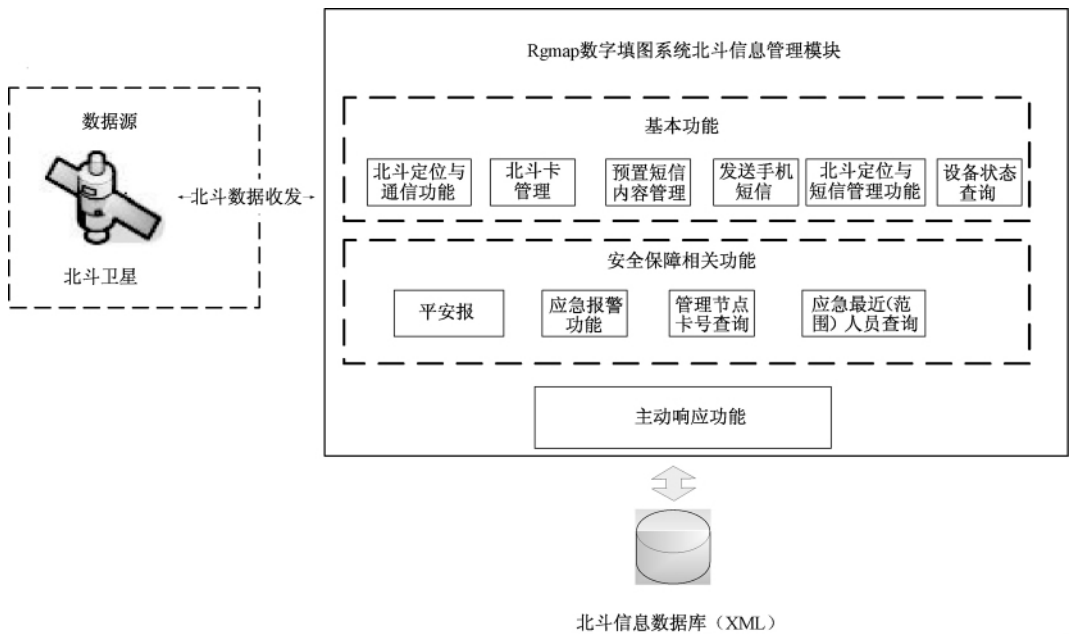


图 1 Rgmap 数字填图系统北斗信息管理模块功能框架图

Fig. 1 Beidou information management module function frame in Rgmap

系统功能模块分为基本功能、安全保障相关功能和主动响应功能等部分,除具备基本的北斗卫星定位与通信功能外,系统充分结合 GIS、GPS 和手机通信,为野外地质调查人员提供实时位置服务、通信服务和安全保障服务。

1.1.1 “北斗一号”与 GPS 双模式位置报送机制

位置报送是“北斗一号”导航卫星系统为野外地质工作提供的一项重要功能,使得野外地质调查人员不仅能够知道自身所处的位置,并且能够将此位置信息告知他人,是实现野外工作实时监控和安全保障的基础。位置报送需要先进行定位,再通过北斗短信的方式将位置信息发送到指定的节点。由于“北斗一号”导航卫星系统自身的定位功能有所限制,如信号强度不高、定位受频度限制(一般民用卡的频度为 1 min,即每分钟可定位一次)等,系统采用了 GPS 与“北斗一号”卫星系统组合应用的方式,实现了利用 1 个频度报送位置的功能。

1.1.2 紧急短信的快速发送

用户可预先设置紧急短信发送的地址列表以及短信内容,在紧急情况发生时一键式报警。紧急短信按照地址列表中的顺序逐个发送,用户可对地址的优先级进行调整。由于野外驻地是最方便展开救援的节点,一般将其地址设在首位。紧急短信界面如图 2 所示。

1.1.3 北斗终端与手机的短信互通

通过指挥节点服务器的转发,实现北斗终端与手机的短信互通,在无手机网络的艰险地区也可以与外界保持实时沟通。北斗终端向手机发送短信时,系统会在短信前自动增加命令头“#PM [手机号] #”(见图 3),然后以自发自收的方式发出短信,当服务器监收到该短信后,即通过手机猫向该手机号码转发短信内容和北斗卡号;手机回复短信时,须编辑短信头“B [北斗卡号] M”,再加上短信内容一起回复到服务器的地址,由服务器完成向北斗终端的转发。流程如图 4 所示。

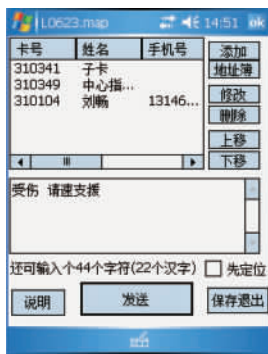


图 2 Rgmap 北斗紧急短信

Fig. 2 Beidou emergency message in Rgmap

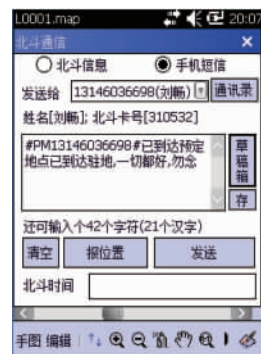


图 3 Rgmap 编辑手机短信

Fig. 3 Edit phone message in Rgmap

1.1.4 信息查询服务

目前包括单位公告信息查询和区域预警信息查询两项功能。单位公告信息查询功能可使野外地质调查人员方便地查询主管单位的最近公告(见图 5),以便掌握最新的工作动态。区域预警信息查询功能通过在指挥节点建立区域基础信息数据库,包括工作区域的预警、地质背景和地理人文等信息,方便野外地质调查人员进入陌生区域时进行查询。

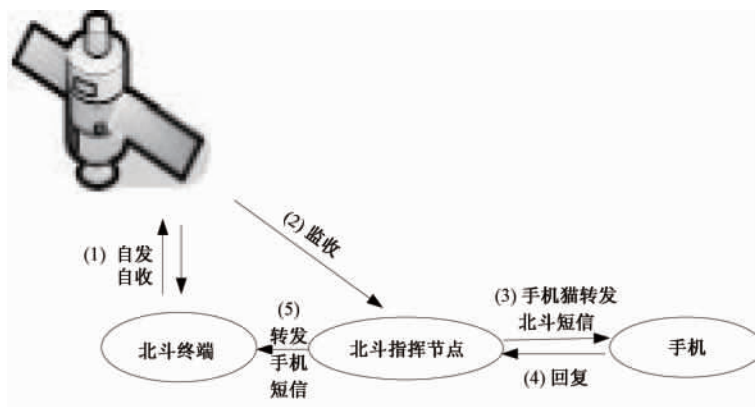


图 4 北斗与手机短信互通流程

Fig. 4 Message flow between Beidou satellite and cell phone

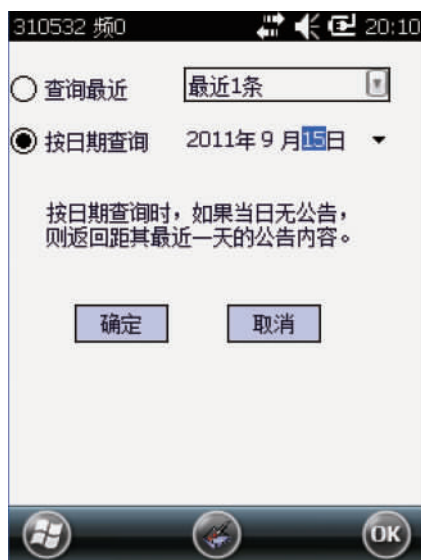


图 5 Rgmap 公告信息查询

Fig. 5 Bulletin query in Rgmap

1.2 数字地质调查信息综合平台 (DGSInfo)

数字地质调查信息综合平台 (DGSInfo) 适用于野外驻地或者省级地调院等中小型固定管理结点, 同时具备北斗移动终端的所有功能和北斗服务器管理程序的部分功能。程序通过串口访问北斗设备, 既可以连接北斗普通指挥机 (下辖 100 用户), 作为简单的管理结点使用, 也可以连接北斗车载机、蓝牙模块等, 作为移动终端使用。

系统由北斗设备获取数据, 采用 Access 数据库存储数据, 功能模块分为基本功能、北斗信息综合查询功能和北斗信息可视化功能等部分。具体功能及说明见表 1, 系统指挥监控界面见图 6。

北斗控制台 (见图 7) 是 DGSInfo 利用“北斗一号”导航卫星系统实现指挥和监控的核心工具。通过北斗控制台, 用户可方便地实现下辖终端位置和短信的监控, 可与其进行实时短信交流, 并支持历史数据的查询和浏览。

表1 DGSInfo 北斗监控指挥系统功能列表

Table1 Beidou main function list of DGSInfo

功能名称	功能描述
定位和通讯	北斗基本功能。自身定位和发送短信息
短信群发	选择 n 个用户发送短信, 占用 n 个频度
广播	对下辖所有用户发送广播信息, 占用 1 个频度
全国图定位	在监控对象超出图幅范围时, 可在 1:5000000 的全国图中定位
北斗移动结点实时监控和指挥	对北斗移动节点进行位置监控和信息交流
主叫功能	向移动节点发送主叫命令, 使其自动返回位置信息
北斗用户数据库管理	包括大区表、单位表、人员表、北斗卡号表等数据表
北斗信息管理功能	对北斗定位和通讯数据进行存储、查询和显示
路线查询功能	在图中显示某一天的野外路线轨迹
最近用户查询服务	为移动终端提供最近用户查询的服务

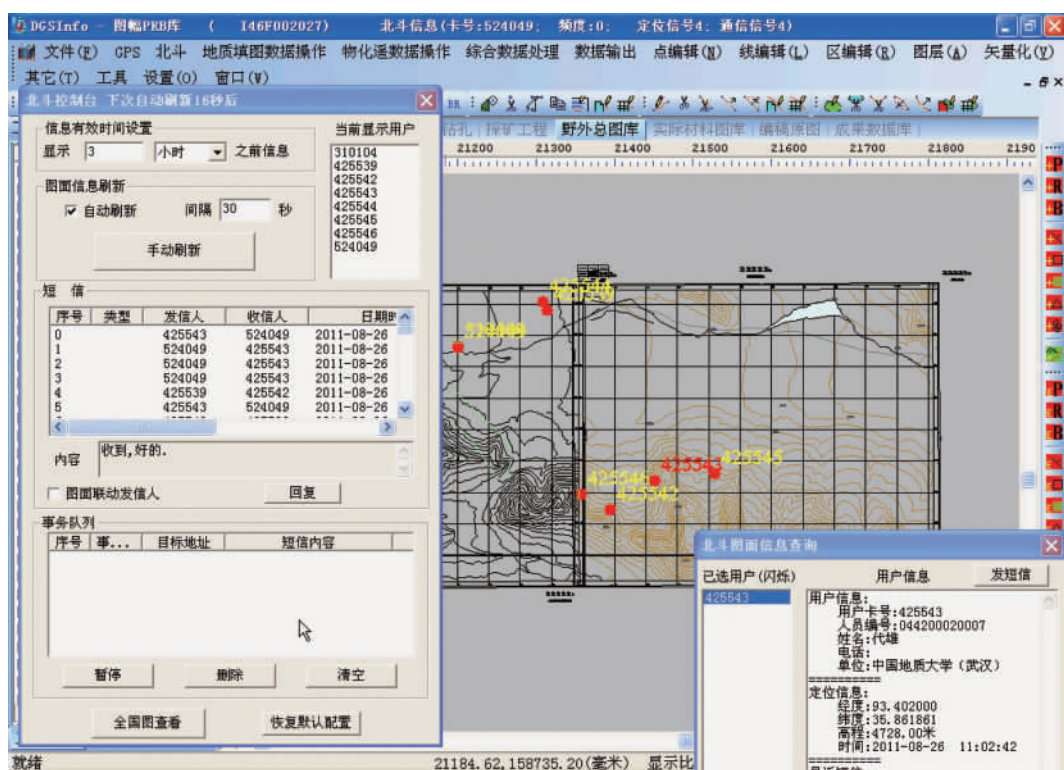


图6 DGSInfo 北斗监控界面

Fig. 6 Beidou monitoring interface in DGSInfo

①信息有效时间设置: 控制当前显示信息的有效时间, 可设置时间值和时间的单位 (min/h/d)。

②图面信息刷新: 可选择自动刷新和手动刷新 2 种模式。

③当前显示用户: 按照有效时间查询出用户定位信息。注意, 此处为用户最新定位信息, 故每个用户仅对应 1 条记录。

④短信: 按照有效时间查询出用户短信信息。可联动图面点, 也可回复任意一条短信。

⑤北斗事务队列: 将北斗未执行的任务记录到队列中, 频度允许后自动顺序执行。可对

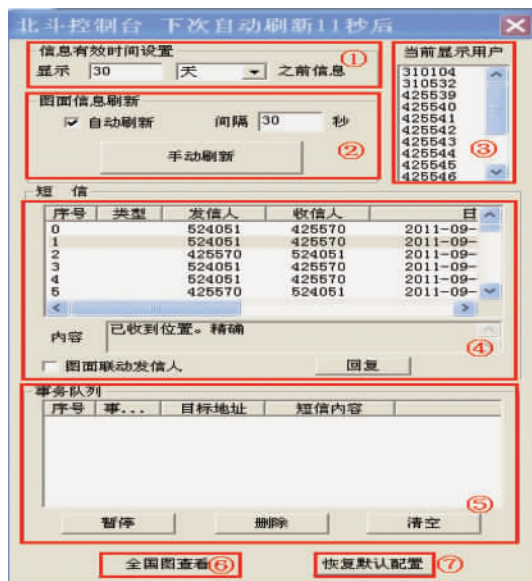


图7 北斗控制台

Fig. 7 Beidou control panel

事务队列进行“暂停”、“删除”和“清空”等操作。注意：北斗事务进入队列分为主动和被动2种模式。“主动”事务是指本机直接操作产生的事务，如本机定位，本机通信，本机主叫其他用户等；“被动”事务是指其他用户发送的服务请求，如其他用户的最近用户查询、其他用户对本机的主叫查询等。程序中默认“主动”事务优先级较高，因此将插入队列最前，优先处理；“被动”事务优先级较低，将堆栈到队列末尾，等待频度，按顺序处理。

⑥全国图查看：在所辖用户信息超出本图幅范围时，可利用此功能在弹出的全国图(1:500000)中查看。

⑦恢复默认配置：将对话框中的某些配置恢复到系统默认值。

1.3 GSIGrid 野外地质调查管理服务与安全保障系统

GSIGrid 野外地质调查管理服务与安全保障系统(见图8)主要通过北斗卫星(定位、通信)技术,基于中国地质调查信息网格(GSIGrid)^[6],在地调局、大区中心或野外工作站等固定节点实现对移动节点的移动轨迹和通讯信息实时监控,并能与野外驻地和移动目标进行互动通讯,实现现代化的生产调度和管理服务。同时利用中心节点丰富的数据资源,为野外地质调查人员提供查询服务,为突发事件应急处置管理与决策提供数据支持。系统采用B/S架构,以Web三维地球为表现形式,地理地图引用国家测绘局发布的天地图^[7],北斗信息数据采用ORACLE数据库管理,主要功能包含实时监控(定位、通讯)人员信息查询、北斗历史信息(定位、通讯)查询、路线追踪、紧急搜救和交互通讯以及路径分析等(见图9)。

1.4 蓝牙北斗定位通讯终端

针对野外地质调查工作的需求,并考虑到与现有野外数据采集设备的结合使用,设计并研发了蓝牙分体式北斗通讯定位终端(见图10)。产品采用北斗与GPS双模设计,体积小,重量轻,易于携带,并可通过蓝牙与数字地质调查系统连接,可接入性好。



图8 GSIGRID野外地质调查管理服务与安全保障系统监控指挥功能

Fig. 8 Monitoring function in GSIGRID geological survey management and safety service system

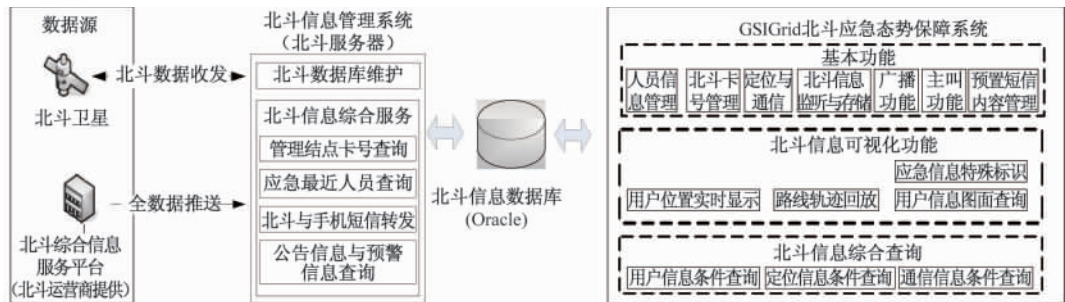


图9 GSIGRID野外地质调查管理服务与安全保障系统功能设计结构图

Fig. 9 Function structure of GSIGRID geological survey management and safety service system

除具备定位与通讯的北斗基本功能以外，该终端还具备以下特色功能：

①“北斗一号”定位通讯与GPS的组合使用：采取北斗和GPS双模一体化技术，能够利用北斗卫星定位，也能够利用GPS定位。在没有显示终端的情况下，也可自动按频度向不同级别指挥机发回定位信息。

②短信缓存功能：当终端处于开机状态而未与掌上电脑连接时，收到的短信（最多20条）将存储于内部缓存，等到与掌上电脑连接时，再将缓存的短信一并“吐”出。

③一键式“安全报”和遇险报警功能：提供“安全”和“危险”两个快捷按钮，并支持用户通过软件设置两个快捷按钮的发送地址和短信内容，实现一键式的安全报或遇险报警功能。

④一键式离线短信查询：提供离线短信（即终端关机状态下或者信号不好时未能收到短信的情况）查询快捷按钮。在终端关机状态下或者信号不好时未能收到短信的情况下，当有信号时，实现在卫星总站查询全部离线短信，确保短信不遗漏。

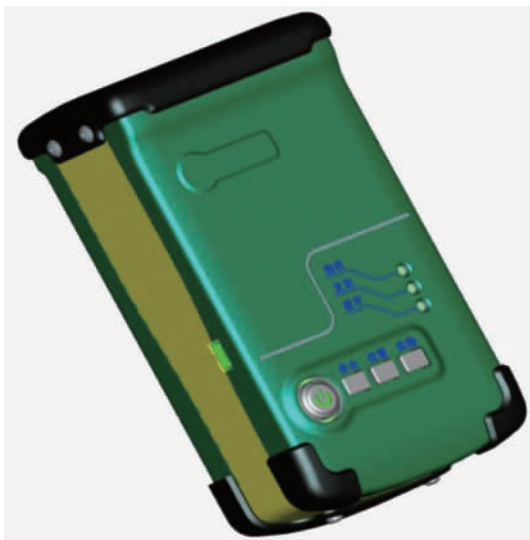


图 10 北斗蓝牙通讯定位终端产品

Fig. 10 Beidou bluetooth communication and positioning terminal

2 应用模式研究与示范

2.1 基于“北斗一号”卫星的野外地质调查多级动态组网模式

基于“北斗一号”卫星的通信和监控指挥功能，建立符合地质调查工作管理体系的系统组网模式，实现各级管理结点对野外移动节点的监控、指挥和服务机制。目前已建立地调局中心节点—大区中心、野外工作站和省级地调院节点—驻地节点—野外移动节点的4级组网模式（见图11）。

各级节点由于工作方式和管辖范围不同，应配备不同类型的北斗设备和软件系统。地调局节点作为总中心，要监控全部节点，因此部署了下属用户较多的中心式北斗指挥机（最大1000用户）；大区中心的管辖范围较大，也可配置中心式北斗指挥机；省级地调院等中小型管理节点，则可选用下属用户较少但较便宜的普通式北斗指挥机（最大100用户）。上述节点位置固定，并且有稳定的网络环境，因此软件系统可配置GSIGrid野外地质调查管理服务与安全保障系统。野外驻地兼具指挥节点和移动节点的双重身份，既可配置普通式北斗指挥机，也可配置北斗移动终端。由于野外驻地大多无网络环境，因此软件系统配置可单机使用的DGSInfo，而移动节点则根据工作方式，配备手持式或车载北斗终端，软件采用Rgmap。另外，由于地质调查工作地点的变动性和人员的流动性比较大，因此管理节点的下属用户是动态调整的。如：内蒙古地调院的人员承担西藏地区的工作项目，其隶属关系应动态绑定到西藏地区的相关管理节点，以便进行实时的信息服务和紧急事件的快速响应。

2.2 示范应用案例

基于“北斗一号”导航卫星技术的地质调查组网模式与系统软件自2011年3月起推广应用，首批示范节点重点部署在中国无人区或艰险地区分布较广的西北、东北和西南地区（见图12）。

目前，已完成西安地质调查中心、成都地质调查中心、沈阳地调中心、青海地调院、西藏地调院、云南地调院、四川地调院、新疆地调院、中国地质大学（武汉）地调院等示范

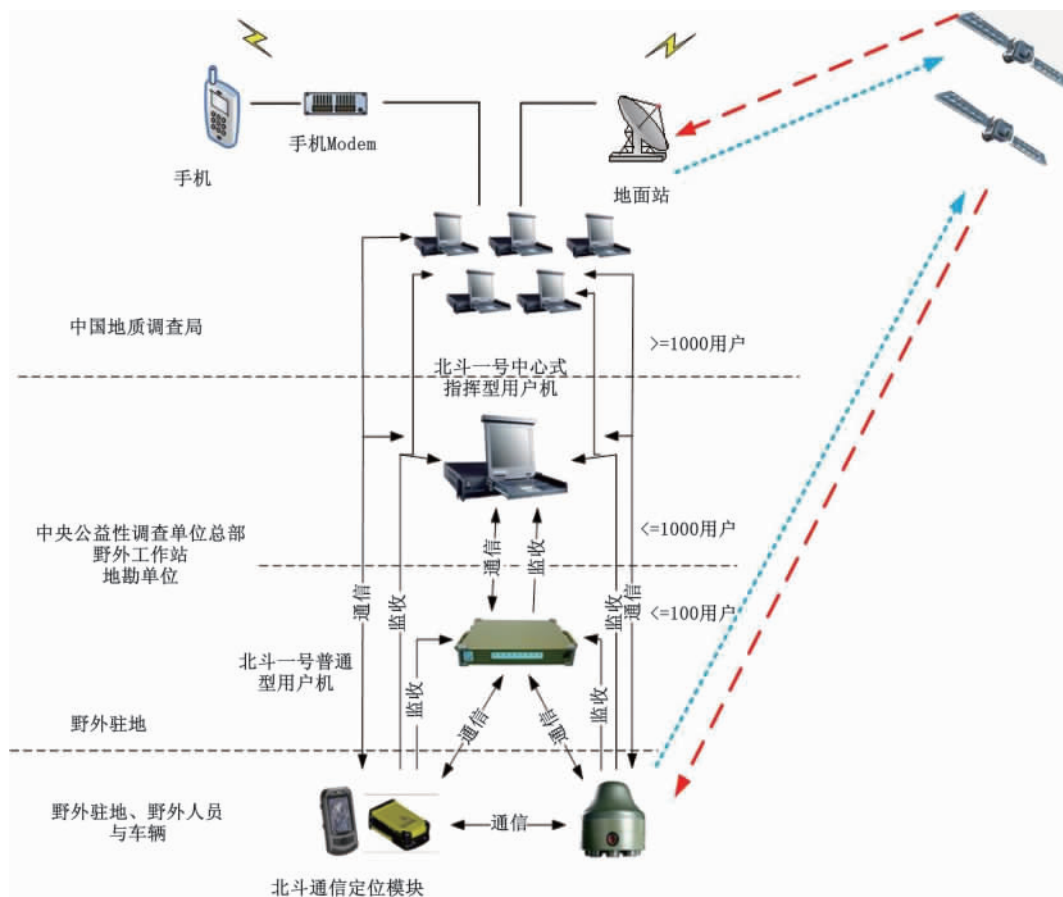


图 11 北斗卫星通信导航系统地质调查设备配置与组网图

Fig. 11 Geological survey Beidou network model and hardware deployment

节点建设。建成中心级节点 3 个，省级分节点 7 个和项目级节点 2 个。共计部署中心式北斗指挥机 4 台，普通式北斗指挥机 12 台，北斗定位通讯终端 200 余台，并开展了相关技术培训，培训人员约 900 人次，取得了良好的应用效果。

2011 年 8 月，在东昆仑 1:50000 区调项目野外驻地（青海格尔木市西南 200 km，海拔 4600 m）进行了北斗系统部署和 1:50000 区调应用示范。野外项目组专门选择海拔高（超过 5000 m）、工作环境恶劣的 4 条野外路线进行系统应用试验，全部野外路线均装备了北斗移动终端，探索在艰险环境下北斗系统的应用模式。在全天的工作过程中，野外地质调查人员使用数字填图系统结合蓝牙北斗终端定时向驻地报送位置，并与相邻项目组互通短信交流；驻地利用监控指挥系统结合北斗普通指挥机实时监控野外人员位置，项目负责使用北斗短信实时指挥野外工作（见图 13）。值得一提的是，当天路线工作结束后，地质队员返回驻地途中，一辆车发生故障，队员通过北斗系统及时与驻地联络，驻地立刻派车救援。在以往工作中如果遇到类似突发事件，由于野外路线组无法与驻地取得联系，往往是野外人员在黑夜中徒步返回驻地求援或被动等待驻地救援，对地质队员的人身安全构成威胁，这与利用北斗系统进行快速救援形成鲜明对比。

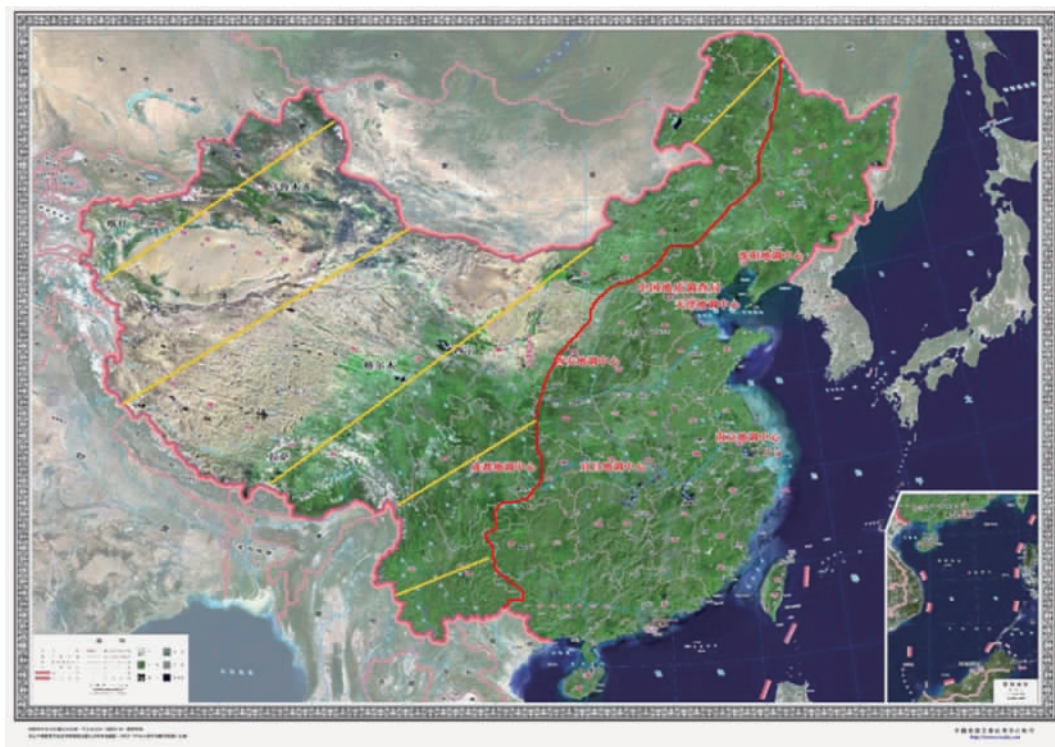


图 12 北斗系统部署区域（黄线部分）示意图

Fig. 12 Area of Beidou application (yellow lines part)



图 13 驻地与野外人员利用北斗实时沟通

Fig. 13 Real time communication between geologist in the field and in the station

3 结论

“北斗一号”导航卫星系统与数字地质调查系统的集成开发与应用，推动了国产卫星技术与地质调查工作的融合，在地质调查信息服务、指挥调度和人员安全保障等方面发挥着日益重要的作用。通过“北斗一号”导航卫星与 GPS 的组合应用，可以为野外地质调查人员提供稳定的位置服务；为艰险地区提供有效的日常通讯手段和信息服务。该集成系统的应用有助于野外应急事件的快速响应和处置，减小了危险情况发生的几率，保障了野外地质调查

人员的安全;集成系统提供的驻地实时监控和指挥手段,可在中心结点实现全局监控,为管理部门指挥调度提供了工具,为决策提供依据。

随着北斗二代卫星技术的成熟,相关的民用应用也逐渐展开。下一步,将重点研究北斗二代卫星的技术特点和终端产品,为“北斗一号”向北斗二代卫星系统的技术升级做准备,使我国卫星技术更好地为地质调查工作服务。

参 考 文 献

- [1] 李超岭, 杨东来, 李丰丹, 等. 中国数字地质调查系统的基本构架及其核心技术的实现 [J]. 地质通报, 2008, 27 (7): 923 ~ 944.
LI Chao-ling, YANG Dong-lai, LI Feng-dan, et al. Basic framework of the digital geological survey system and application of its key technology [J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27 (7): 923 ~ 944.
- [2] 李超岭. 数字地质调查系统操作指南 (上册) [M]. 北京: 地质出版社, 2011.
LI Chao-ling. Operation manual of the digital geological survey system (I) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011.
- [3] 李超岭. 数字地质调查系统操作指南 (中册) [M]. 北京: 地质出版社, 2011.
LI Chao-ling. Operation manual of the digital geological survey system (II) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011.
- [4] 黄舫生. “北斗一号”的良好前景 [J]. 交通企业管理, 2005, (2): 56.
HUANG Fang-sheng. Prospect of Beidou-1 Navigation Satellite System [J]. Transportation Enterprise Management, 2005, (2): 56.
- [5] 北京星地恒通信息科技有限公司. 基于“北斗一号”卫星系统的山洪灾害监测预警解决方案及应用案例 [J]. 中国防汛抗旱, 2011, 21 (5): 84 ~ 85.
Beijing Xingdi Hengtong Information Technology Limited Company. Solution scheme of the torrent disaster monitoring and warning based on Beidou-1 Satellite System and its application [J]. China Flood & Drought Management, 2011, 21 (5): 84 ~ 85.
- [6] 吕霞, 刘畅, 耿燕婷, 等. 中国地质调查信息网格平台构建和地质图数据服务的实现 [J]. 地质通报, 2011, 30 (9): 1463 ~ 1471.
LÜ Xia, LIU Chang, GENG Yan-ting, et al. Building of China Geological Survey Information Grid Platform and realization of geological map data service [J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30 (9): 1463 ~ 1471.
- [7] 李志刚. 创新地理信息服务模式, 打造网络地理信息服务民族优秀品牌 [J]. 地理信息世界, 2011, 9 (4): 7 ~ 9, 19.
LI Zhi-gang. Building TIANDITU into a national excellent brand for on-line geographic information services [J]. Geomatics World, 2011, 9 (4): 7 ~ 9, 19.

INTEGRATION AND APPLICATION OF BEIDOU SATELLITE TECHNOLOGY IN DIGITAL GEOLOGICAL SURVEY SYSTEM

LIU Chang, LIU Yuan-yuan, LI Jian-qiang

(Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China)

Abstract: On the basis of deep understanding of Beidou-1 navigation satellite system, combined with the geological survey work flow, the key technique and system application model of the integration of Beidou-1 navigation satellite system and the digital geological survey system were studied. The result shows that, based on the dual mode position report mechanism of Beidou-1 and GPS, stable position service can be supplied for the geological researcher; the interworking between Beidou-1 terminals and mobile phone short messages can be connected in remote area without mobile phone signals. The DGSInfo system based on Beidou-1 will realize real time monitoring and command at field station which contributes to the field of emergency response and disposal. GSIGrid geological survey management and safety service system will realize center node monitoring the moving path and short message of moving nodes. It can also supply information inquiry service and data support to emergency disposal and decision making. The integrated system has achieved good results in field geological survey in southwestern, northwestern and northeastern China.

Key words: Beidou-1 Navigation Satellite System; Rgmap; DGSInfo; GSIGrid; integration