

文章编号: 1006-6616 (2012) 03-0254-10

东昆仑地质填图中北斗卫星 定位系统应用研究

赵文婷¹, 胡道功²

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘要: 通过北斗卫星定位系统终端在东昆仑试验区不同海拔高度、天气条件、地貌构造及移动状态下的示范应用, 总结归纳了该定位系统在野外地质调查中的应用特点及不足, 并对未来北斗卫星定位系统的应用进行了分析。试验应用结果表明, 北斗卫星定位系统在提高地质调查效率、保障野外地质调查人员人身安全、野外作业管理以及野外应急服务等方面均可发挥重要作用。系统目前存在的定位精度不尽如人意、定位信号受地貌构造、天气和移动方式影响不甚稳定的现象, 是其今后发展中需要重点解决的问题。

关键词: 北斗卫星定位系统; 地质填图; 应用测试; 东昆仑试验区

中图分类号: P622; V474.2

文献标识码: A

北斗卫星定位系统 (CNSS) 是中国自主研发开发的区域性有源三维卫星定位与通信系统, 是继美国的全球定位系统 (GPS)、俄罗斯的全球卫星导航系统 (GLONASS) 之后第三个成熟的卫星导航系统。为了推动国产卫星在地质调查领域中的广泛应用, 在东昆仑试验区开展了多项北斗卫星系统野外应用的重大关键技术研究, 建立了基于自主卫星的野外地质调查服务与管理信息系统, 实现了基于卫星遥感、导航定位、地理信息系统技术的野外地质工作安全保障、作业管理、信息服务的信息化管理。本文基于北斗终端指挥机与野外终端的信息链接, 开发作业管理信息库 (包括野外作业人员基本信息、位置、短信等), 基于 3S 的三维地理空间综合展示平台, 结合作业管理信息库, 采用 B/S 架构开发野外作业管理保障系统, 为各级管理部门提供野外人员作业状态、人员保障管理的工具。

1 北斗卫星定位系统

1.1 北斗卫星定位原理

北斗卫星导航定位系统由空间卫星、地面主控站 (控制中心) 与标校站、用户终端设

收稿日期: 2012-04-09

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: 赵文婷 (1987-), 女, 山东人, 硕士研究生, 第四纪地质学专业, 研究方向: 地理信息系统, E-mail: zhaonianqiu19@163.com

备3大部分组成,具有快速二维定位、双向简短报文通信和精密授时3大基本功能。该系统基于“二球交会”原理进行定位,即以2颗卫星的已知位置坐标为圆心,各以测定的本星至用户机的距离为半径,形成2个球面,用户机必然位于这2个球面交线的圆弧上。地面控制中心存储的电子高程地图库提供1个以地心为球心,以球心至用户机的距离为半径的球面。求解圆弧线与该球面的交点,并根据用户在赤道平面北侧的实际情况,即可获得用户的二维位置坐标^[1-3]。

1.2 北斗卫星定位系统特点

北斗卫星导航定位系统致力于向全球用户提供高质量的定位、导航和授时服务,其建设与发展则遵循开放性、自主性、兼容性、渐进性4项原则。系统具有快速定位、精密授时、双向定位、价格便宜等突出特点。

①快速定位:北斗卫星导航定位系统可为服务区内用户提供全天候、高精度、快速实时定位(最快可在1s之内完成)服务,定位精度为20~100m。覆盖范围较大,没有通信盲区。系统覆盖了中国及周边国家和地区^[2]。

②精密授时:系统具有单向和双向2种授时功能。根据不同的精度要求,利用授时终端,完成与北斗导航定位系统之间的时间和频率同步,提供100ns(单向授时)和20ns(双向授时)的时间同步精度^[3]。

③双向定位:由于特殊的定位原理,它不仅能使用户知道自己所处的位置,还可以将自己的位置信息告知他人,特别适用于需要导航与移动数据通信的场合,如交通运输、调度指挥、搜索营救等。双向定位功能对于地质调查工作更具有应用意义,可以实现野外地质调查人员对地理信息的实时查询^[4-6]。

④卫星数目少,用户终端设备简单,接收终端不需铺设地面基站,用户终端相对便宜。

1.3 中国北斗卫星定位系统现状

中国正在建设的北斗卫星导航系统空间段由5颗静止轨道卫星和30颗非静止轨道卫星组成,提供2种服务方式,即开放服务和授权服务(二代系统)。开放服务是在服务区免费提供定位、测速和授时服务,定位精度为10m,授时精度为50ns,测速精度0.2m/s^[5]。根据系统建设总体规划,2012年,系统将首先具备覆盖亚太地区的定位、导航和授时以及短报文通信服务能力;至2020年左右,建成覆盖全球的北斗卫星导航系统。

目前已建成的空间系统部分由2颗地球同步卫星、1颗在轨备份卫星组成,分别位于赤道面80°E、140°E和110.50°E,2颗地球同步卫星经度相差60°^[5]。地面控制系统部分包括1个配有电子高程图的地面中心定位控制站、计算中心、测轨站、测高站以及几十个分布于全国的参考校基站等,分别用于卫星定位、测轨、调整卫星运行轨道、调整卫星姿态,控制卫星的工作,测量和收集校正导航定位参量,以形成用户定位修正数据并对用户进行精确定位^[4-10]。

2 北斗卫星定位系统在东昆仑地区地质调查中的应用

2.1 试验区自然地理条件

试验区位于青藏高原北部东昆仑造山带,行政区划属格尔木市和都兰县管辖。试验区地理坐标为北纬35°40′—36°00′,东经95°00′—95°30′,北距格尔木市70~140km(见图1)。昆仑山主脊以北切割强烈,地形陡峭,为深切割高山区;昆仑山南坡切割较浅,地形起伏相

对平缓，呈缓丘起伏高山地貌景观。平均海拔 4600 m 左右。工作区露头良好，大部分地区为基岩裸露区，部分地区为新生代地层分布区，是开展遥感与野外地质调查安全保障、作业管理、信息服务等方面信息化管理试验的理想地区。区内交通不便，青藏公路和青藏铁路从试验区西北部通过，其他地区除少量简易乡村路外，大部分地区无法通车。试验区属高原大陆性气候，冬长无夏，无明显四季区分。昆仑山以北干旱少雨，寒冷多风，昼夜温差大，平均气温 2~5℃。昆仑山以南地区年均气温在 0℃ 以下，属于寒冷-半干旱性气候。

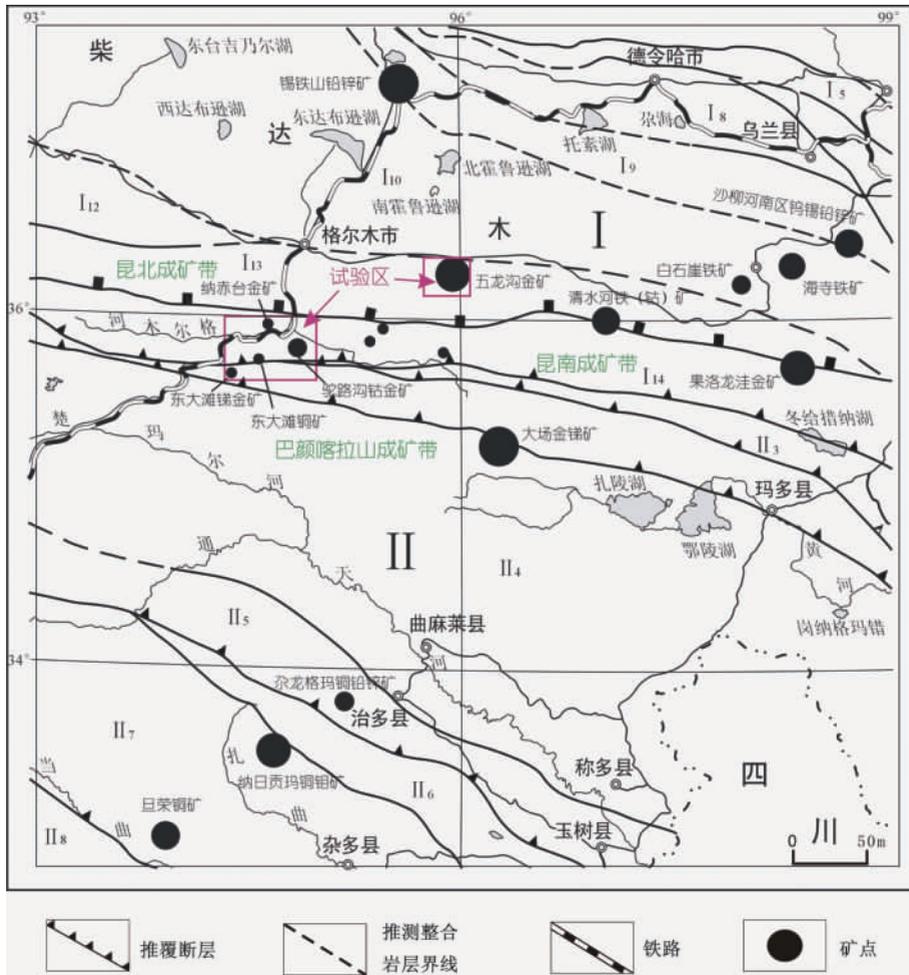


图 1 东昆仑试验区交通位置与矿床分布图

Fig. 1 Traffic location and deposit distribution map of East Kunlun area

2.2 基于北斗卫星的野外地质调查应用流程

“野外地质矿产调查服务与管理信息系统研建与应用”为中国地质调查局地质矿产调查评价专项新开工作项目，隶属于“星载对地观测技术研发及资源勘查应用”计划项目。工作性质属综合研究，管理部门为中国地质调查局科技外事部。承担单位为中国地质科学院地质力学研究所，联合单位为西安地调中心和中国国土资源航空物探遥感中心（系统运行服务中心）。各单位信息运送关系如图 2。

系统在野外地质调查中应用的流程是：北斗终端（模块）开机后主动发射或被动激发定位信号，北斗卫星接收信号并反馈到地面控制中心，地面控制中心将定位信息分别传送到

表1 东昆仑野外测试结果

Table 1 The field testing result in East Kunlun Mountains

测试时间	测试状态	地理及气候环境	测试结果
2011-08-21	乘车	格尔木行驶至昆仑山口的公路上, 主要为河谷地貌, 高差0~200 m, 坡度0°~90°, 大雪天气	北斗模块在大雪天气中信号始终不强, 通道信号强度一直在2~3。9:05时天降中雨, 终端刚驶离格尔木市区, 地势平缓, 方圆30 km内无信号遮挡物, 定位信息良好, 之后进入山区, 由于地势复杂, 加之天降大雪, 北斗定位受到严重影响
2011-08-22	乘车	青藏公路沿途, 高差30 m, 坡度60°, 晴朗天气	推测由于多人发送定位信息, 导致北斗指挥机只接收到2人不连贯的定位信息
2011-08-23	步行	昆仑山口, 海拔5042 m, 坡度较缓, 晴朗天气	信号强度时好时坏, 在沟谷中信号较弱, 在空旷地带信号较好, 北斗模块信号发射良好, 但定位信息接收缓慢
2011-08-25	步行	格尔木驼路沟山顶部位, 构造复杂, 多变质岩, 高差200 m, 坡度60°, 晴朗天气	山顶部位定位不稳定, 定位频率多变
2011-08-27	乘车、步行	格尔木驼路沟沟底, 高差200 m, 坡度60°, 晴朗天气	乘车条件下北斗模块定位良好, 但在沟底步行时, 信号出现不稳定, 静止时信号变好
2011-08-28	步行	格尔木驼路沟沟底中部, 两面环山, 高差5 m, 坡度2°~5°, 晴朗天气	沟底中部北斗模块显示信号良好, 北斗指挥机可以接收到定位信息却无法反馈信息回环
2011-08-30	乘车	纳赤台以东10 km, 青藏公路旁, 主要地貌为河流阶地, 高差200 m, 坡度30°, 晴朗天气	由于北斗模块在汽车行驶于颠簸路面时跌落车内, 北斗模块出现无信号现象, 仅电源指示灯亮起, 关机后重新开机, 使北斗模块朝南, 信号灯显蓝色, 之后终端再连接北斗模块, 终端只显示“北斗通讯设备连接成功”, 并不显示信号强度, 但是可以正常通信。但是格尔木管控中心接收不到北斗定位信息
2011-08-31	步行	格尔木将军楼公园, 地势平坦, 晴朗天气	测试内容为GPS与北斗终端定位的对比, 测试结果为, GPS及北斗返回定位信息正常, GPS每3 min一次, 北斗终端刚开机时返回一次定位信息
2011-09-01	步行	格尔木大干沟沟头, 高差100 m, 坡度60°, 晴朗天气	北斗终端与力学所指挥机进行通讯定位试验。与力学所指挥机通讯反应较慢, 时间间隔较长, 接收信息有延迟。力学所指挥机接收GPS、北斗终端定位信息正常
2011-09-02	步行	格尔木大格勒沟, 高差10 m, 坡度2°~3°, 晴朗天气	不同方位、不同路段信号差异很大, 甚至在50 m范围内, 随着北斗终端的移动, 信号也有很大差别, 可能从通道一[5]、通道二[5]变化为通道一[1]、通道二[1], 即基本没信号的状态, 收发信息都无法执行, GPS定位信息也因为信号时好时坏而长时间不返回
2011-09-06	乘车、步行	五龙沟—黄龙沟—金水湾一线, 高差100 m, 坡度70°, 多种有色矿物分布, 天气阴	信号良好, 定位正常
2011-09-07	乘车、步行	五龙沟—黄龙沟—金辉矿业隧道口一线, 步行区为黄龙沟11号金矿带, 高差100 m, 坡度30°, 晴朗天气	测试轨迹定位开始一段时间, 并没有收到测试员的定位信息, 以后的定位信息也不是均匀分布, 原因可能是矿区影响信号的强弱变化, 造成了北斗终端的主动定位信号发送不均匀
2011-09-08	乘车、步行	格尔木东大滩, 高差100 m, 坡度30°, 晴朗天气	在信号良好的情况下, 只有北京指挥机接收到了4个测试员的北斗定位信息, 东昆仑指挥机搜不到任何定位信息
2011-09-11	乘车	格尔木西大滩, 高差50 m, 坡度20°, 晴朗天气	在西大滩移动过程中, 力学所指挥机没有接收到定位信息, 但在静止状态下, 北京指挥机可以收到测试信息, 原因有待考察

3 北斗卫星定位系统在东昆仑地质调查中应用的意义

3.1 建立基础数据库, 提高地质调查效率

将 1:10000、1:50000 和 1:250000 等级别的矢量地图数据、各分辨率级别的 DEM 基础数据、三维模型数据、救援知识和应急物质数据以及野外地质调查人员和应急通讯指挥车等移动目标的基本信息存入作业管理库中; 将工作区多光谱遥感影像、调查路线信息和野外调查数据存储于终端库, 并接受野外工作站对地调中心终端库的动态更新。

3.2 野外作业管理

北斗卫星定位系统在东昆仑实验区的应用通过双星野外地质调查作业管理与保障系统实现。东昆仑和北京指挥机不仅可以确定野外地质调查人员所在的点位置, 也可以追踪他们野外作业的行进轨迹 (见图 6), 掌握野外工作的进度。常规状态下, 对本中心管辖范围内的移动驻地终端或手持终端进行定位、态势分析、路线规划等常规作业管理。根据野外北斗信号提供的实际考察路线, 综合生成工作区调查路线图。后方专家根据数据中地质、物探、化探、遥感资料综合分析野外工作是否存在重要遗漏, 为野外调查提供补测方案。当野外地质调查人员遇到难于鉴别的重要地质现象时, 可通过双屏设备集成的 3S 空间数据综合显示和视频会议系统与地调中心专家会商, 并通过无线通讯与野外小组工作人员进行综合分析。

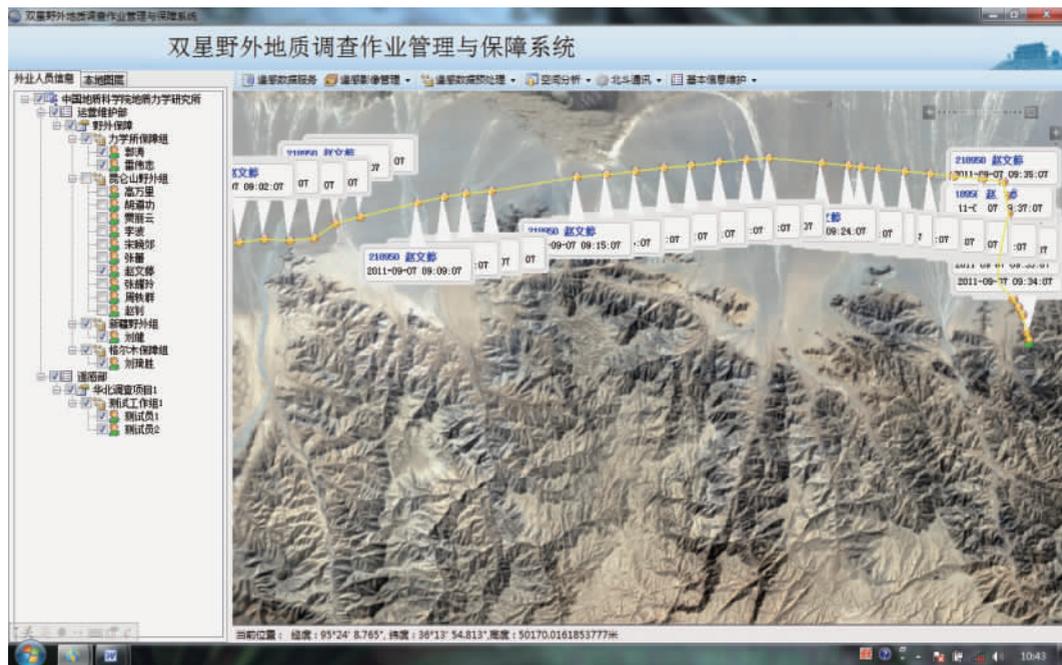


图 6 野外地质工作者行进轨迹图

Fig. 6 The track of field geological survey

3.3 安全保障

北斗卫星定位系统对于野外地质调查人员最重要的意义在于建立了一个安全保护网, 信号可无死角覆盖中国每一个地区, 保障在任何地区工作的地质人员的人身安全。经试验验证, 即使在东昆仑这种偏远地区亦可以与野外北斗终端保持 24 h 不间断的联系, 指挥中心

可以随时通过北斗卫星的通信获悉野外地质调查人员的身体健康状况，确保他们始终保持最佳的工作状态。

3.4 应急服务

应急状态下，系统可实现本中心管辖范围内的移动驻地终端和手持终端与地调中心、北京中心之间的信息互联互通，支持应急决策。地调中心在接收野外手持终端发出的人员救援信号或车辆遇险信号后，通过3S空间数据综合显示基础框架分系统中的遥感影像、DEM数据形成应急现场三维立体化显示，对遇险位置进行定位并判断遇险等级；同时可将遇险现场视频图像发给北京中心，以便北京指挥中心利用应急辅助决策软件功能，启动双屏设备集成的3S空间数据综合显示和视频会议系统，辅助地调中心进行应急决策。

4 北斗终端在东昆仑地区地质调查应用中面临的问题

4.1 定位精度低

测试中进行了GPS定位与北斗终端定位的对比，发现北斗定位的精度不尽如人意。北斗终端定位系统仅采用地球同步卫星的方式进行定位，所有的工作卫星都位于赤道面上，几何构形不好，第三维即高度坐标还要采用高度表方式获得，系统水平定位精度取决于用户高度信息，本项目的精度为100 m。测试过程中曾出现由于瞬时信号不良而导致某个定位点出现巨大偏差，整个轨迹错误。

4.2 信号不稳定

信号不稳定现象在整个测试过程中多次出现。本项目申请的北斗卫星授时服务为60 s，正常状态应该是每隔1 min就发送一个定位信息，但北斗终端经常因为地貌构造、天气和移动方式的影响而出现信号变化的现象，导致定位轨迹图有定位点分布不均匀的区域，即使行驶在公路上，也出现过信号时好时坏的现象。因此要真正实现定位点均匀分布还须依赖我国导航定位卫星的进一步发展。

4.3 显示功能不足

北斗终端虽然待机时间比GPS长，但显示功能却大不如GPS。首先北斗终端表面仅有3个指示灯和1个开关，甚至无法判断是否已经充满电，何时电量耗尽。在野外工作也是如此，虽然可以通过信号灯的颜色来判断信号强弱，但是野外强光照的工作环境下，判断信号灯的颜色还是为地质工作者增添不少烦恼。

4.4 设备昂贵

经东昆仑地区的野外实地试验，认为北斗系统用户终端设备体积大、价格昂贵，非常不便于长距离运输，造成的主要原因，一是目前系统本身所采用的有源定位技术体制，二是终端设备生产量少、关键元器件依赖进口使生产成本居高不下。

4.5 管理复杂、层次多，容易出错

在运输野外设备到昆仑山实验区的途中，北斗卫星终端定位系统就出现过几处错误点，致使整个行进轨迹都发生严重偏差。由此可以看出，北斗终端定位系统在实际地质调查工作中应用还有宽广的发展和进步空间。

5 结论

北斗卫星定位系统通过北斗导航卫星实时示踪野外地质调查人员以及工作用车和应急指

挥车的位置。在常规工作状况下,应用3S空间框架数据综合显示软件、外勤保障管理软件、态势管理软件和指挥调度软件可对野外工作进行管理和指导;在应急工作状况下,可启用应急辅助决策软件进行北京管理中心、野外工作服务站的联合救援。在昆仑山地区对北斗终端定位功能进行测试的结果也显示,系统存在定位信号尚不甚稳定等问题,这对于长期在艰苦环境下工作的野外地质工作者来说应用并不十分便利,北斗终端定位系统在野外工作中的应用还需要继续发展完善。

建立基于中国卫星及3S技术的野外地质工作管理与服务系统具有重要意义,是北斗导航卫星及国产遥感卫星在地学行业应用与产业化的重大示范工程。国产遥感卫星与导航卫星相结合并应用于中国国土资源行业,将大大提升国土资源行业的现代化水平和野外安全保障能力。

参 考 文 献

- [1] 唐金元,于潞,王思臣.北斗卫星导航定位系统应用现状分析[J].全球定位系统,2008,38(2):26~29.
TANG Jin-yuan, YU Lu, WANG Si-chen. Applying current situation analysis of Beidou Satellites Navigation Positioning System [J]. Global Positioning System, 2008, 38 (2): 26 ~ 29.
- [2] 姚一飞,王浩,赵东发.北斗卫星导航定位系统综述[J].科技向导,2011,(8):10,35.
YAO Yi-fei, WANG Hao, ZHAO Dong-fa. Overview of Beidou Satellite Navigation and Positioning System [J]. Technology Guide, 2011, (8): 10, 35.
- [3] 王磊,宋蕾.利用北斗短信功能实现海上测量信息的回传[J].海洋测绘,2011,31(3):25~27.
WANG Lei, SONG Lei. Equipment status information returned using compass SMS [J]. Marine Surveying, 2011, 31 (3): 25 ~ 27.
- [4] 黄丽卿,张杏谷,郑佳春,等.北斗终端数据处理与应用[J].集美大学学报:自然科学版,2008,14(3):24~27.
HUANG Li-qing, ZHANG Xing-gu, ZHENG Jia-chun, et al. Study on the processing and using of the data from the 'Beidou' receiving terminal [J]. Journal of Jimei University: Natural Science Edition, 2008, 14 (3): 24 ~ 27.
- [5] 刘传润.北斗卫星导航定位系统的功能原理与前景展望[J].中国水运,2008,8(1):165~166.
LIU Chuan-run. The function principle and prospect of Beidou Navigation Positioning System [J]. China Water Transport, 2008, 8 (1): 165 ~ 166.
- [6] 廉保旺,赵楠,王永生.北斗卫星定位算法研究[J].西北工业大学学报,2007,25(1):97~102.
LIAN Bao-wang, ZHAO Nan, WANG Yong-sheng. A positioning algorithm for the 'Beidou' Navigation System [J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2007, 25 (1): 97 ~ 102.
- [7] 魏秀启,郑维广,隋绍勇.北斗导航定位接收机的原理及硬件实现[J].电子元器件应用,2009,11(4):37~43.
WEI Xiu-qi, ZHENG Wei-guang, SUI Shao-yong. Principle and hardware realization of Beidou Navigation Positioning Receiver [J]. Application of Electronic Components, 2009, 11 (4): 37 ~ 43.
- [8] 魏二虎,张晓峰,安治国,等.GPS/北斗组合导航保障系统的设计研究[J].测绘通报,2008,(7):4~6.
WEI Er-hu, ZHANG Xiao-feng, AN Zhi-guo, et al. On the design of the protective system with the integration of GPS and Beidou Navigation Systems [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2008, (7): 4 ~ 6.
- [9] 李俊峰.“北斗”卫星导航定位系统与全球定位系统之比较分析[J].北京测绘,2007,(1):51~53.
LI Jun-feng. The analysis between the Beidou Satellite Navigation System and the GPS [J]. Surveying and Mapping of Beijing, 2007, (1): 51 ~ 53.

[10] 杨殿阁, 连小珉, 张涛, 等. 基于北斗卫星的车辆组合导航系统开发 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2008, 48 (5): 856 ~ 859.

YANG Dian-ge, LIAN Xiao-min, ZHANG Tao, et al. Integrated vehicular navigation system based on the Beidou satellites [J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2008, 48 (5): 856 ~ 859.

APPLICATION OF BEIDOU SATELLITE POSITIONING SYSTEM IN GEOLOGICAL MAPPING IN EAST KUNLUN

ZHAO Wen-ting¹, HU Dao-gong²

(1. College of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100081, China)

Abstract: According to the application of Beidou Satellite Terminal Positioning System that is tested in different latitudes, weather conditions, tectonic geomorphology and the conditions of moving in East Kunlun Mountain, application characteristics and inadequacy of this system in the field geological investigation are summarized and its development is also stated. The result showed that the satellite terminal positioning system had improved the efficiency, protected geological fieldworkers' safety, which played an important role in field operations management and emergency services. Currently the positioning accuracy is not just as one wish, for the positioning signal had been affected by tectonic geomorphology, weather and the way fieldworkers moved, and this is the key problems to be solved in the future.

Key words: Beidou Satellite Terminal Positioning System; geological mapping; application testing; East Kunlun testing area