

# 国内基于移动 GIS 的野外地质数据 采集信息化研究现状

刘丽, 张礼中, 朱吉祥

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 石家庄 050061)

**摘要:** 野外数据采集是野外地质调查的重要组成部分。在新的科学技术推动下, 野外数据采集从手工采集方式逐步向信息化模式过度。论述了国内野外地质数据采集信息化的流程及基本技术, 阐述了野外数据采集系统的主要功能模块, 分析了基于移动 GIS 的野外数据采集信息化的三种关键技术: PDA、GPS 定位技术以及 GIS 技术, 在总结我国野外地质数据采集信息化主要工作成果的同时, 分析了其在目前应用研究中存在的问题。

**关键词:** 移动 GIS; 地质调查; 野外数据采集; 信息化

**中图分类号:** P623.6; TP274.2   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1672 1683(2015) 01- 0343-06

## Current research situation on field data collection informatization based on mobile GIS

LIU Li, ZHANG Li zhong, ZHU Ji xiang

(The Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, CA GS, Shijiazhuang 050061, China)

**Abstract:** Field data collection is an important component of the field geological survey. With the development of new science and technology, field data collection has been transforming from the traditional manual acquisition mode to the informatization mode gradually. This paper discusses the process and basic technology on the field geological data collection informatization, introduces the main function modules of field data collection system, and analyzes the three key technologies based on mobile GIS: PDA, GPS, and GIS. Moreover, the main achievements and existing problems of the field data collection informatization system are summarized.

**Key words:** mobile GIS; geological survey; field data collection; informatization

野外地质数据是开展地质研究的基础资料, 其质量直接影响解释结果与客观实际的接近程度<sup>[1]</sup>。野外地质数据采集的内容包括空间定位信息、专业文字描述信息以及地质现象空间形态信息(点、线、面等), 具有信息种类多、内容复杂、信息量大的特点<sup>[1-2]</sup>。

传统野外地质数据采集主要以手工方式记录野外数据, 再对数据进行整理筛选, 最终输入到数据库进行统一管理, 不仅效率低、而且容易发生录入错误。基于移动 GIS 的野外地质数据采集技术则能有效避免这些问题: 利用 PDA(掌上机)、GPS 等设备与配套软件进行野外数据的现场一次性采集, 同时将多源数据转换成易于计算机处理的数据类型<sup>[3]</sup>, 能有效提高 GIS 空间信息采集、管理和分析能力。与传统的手工方

式相比, 其具有如下特点: (1) 能够在移动环境中获得实时的地理空间信息, 专业信息等, 有效避免反馈信息滞后、采集信息不完整等问题<sup>[4]</sup>; (2) 采用“卡片”式记录方式, 记录方式规范有序, 为其后的数据综合整理分析提供保障; (3) 野外数据直接保存至数据库中, 后期只需通过导入汇总, 即可生成一个统一的数据库对数据进行管理, 有效提高了地质工作的效率。

国外对野外地质数据采集信息化的研究始于 20 世纪 80 年代初, 以澳大利亚、加拿大、美国等的研究较为深入<sup>[5-6]</sup>。1986 年澳大利亚地质调查局(AGSO)与澳大利亚资源工业协会共同开发出了一种用于野外数据采集的手持式计算机系统—FieldPad。该系统使用带有差分功能的 GPS 和 Newton 系统的 PAD 作为野外数据采集硬件设备, 野外露头点底

收稿日期: 2014-05-28   修回日期: 2014-11-21   网络出版时间: 2014-03-19

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20150319.0924.003.html>

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“地下水资源数据集成与服务系统建设”(1212011120426); 全国主要城市环境地质综合评价(1212010535501)

作者简介: 刘丽(1988-), 女, 河南信阳人, 主要从事水文地质环境地质调查评价信息化研究。E-mail: lli668@126.com

通讯作者: 张礼中(1969-), 男, 四川达州人, 研究员, 博士(后), 主要从事水工环信息工程技术和水文地质环境地质相关地质调查及科研工作。E-mail: zhanglizhong1015@126.com

图仍然使用纸质工作图,配合数字方式录入野外露头上的观察结果,再将野外描述数据输入到 AGSO 的地质数据库 OZROX 进行数据检查及管理<sup>[7-9]</sup>。1988 年加拿大国家填图计划(NATMAP)提出 FieldLog 系统,由加拿大地质调查局(GSC)开发并得到广泛应用。FieldLog 系统运行于 IBM-PC 平台上,采用 AutoCAD 为开发平台,野外采用 Newton 系统的掌上机。工作流程为在野外采用传统手工或采用掌上机的方式采集图形和属性信息,在室内传输到 NATMAP 中央数据库中进行数据管理<sup>[10-15]</sup>。此外,加拿大还尝试开发了诸如基于 MiniCAD 的数据采集软件、基于 CARIS GIS 的数据输入系统<sup>[15]</sup>、SIGEMOM<sup>[16]</sup>等,但均没有 FieldLog 影响深远。美国的 GeoMapper 系统是基于笔式 Windows 操作系统的野外填图工作系统,由加州大学伯克利分校开发,其最大的特点是针对不同的记录内容(如岩性、地层、构造及矿产等)开发了对应的录入按钮,提高了操作的简便性<sup>[17-18]</sup>。GeoMapper 可以与 Geologger、ArcGIS 等 GIS 软件联合使用,以解决包括钻孔数据采集在内的野外地质数据采集全过程的问题<sup>[19-20]</sup>。除此之外,ESRI 公司的产品 Arcpad 也因其良好的二次开发性和强大的 GIS 功能而成为野外数据采集系统的开发平台<sup>[21-22]</sup>。

国内对以描述性信息为主的野外数据采集信息化的研究始于 20 世纪 80 年代末,RCMap(数字填图系统)是国内野外数据采集技术的典型代表<sup>[23-24]</sup>。经过近 30 年的发展,基于 GIS 的野外地质数据采集信息化技术取得了长足进步,各地质领域结合自身的需求与特点,开发了用于不同目的野外地质数据采集系统,促进了地质调查信息化的发展。

## 1 基于移动 GIS 的野外地质数据采集流程

基于移动 GIS 的野外地质数据采集过程基本可分为三个阶段:野外数据准备阶段、野外数据采集阶段、野外数据整理入库阶段(图 1)。

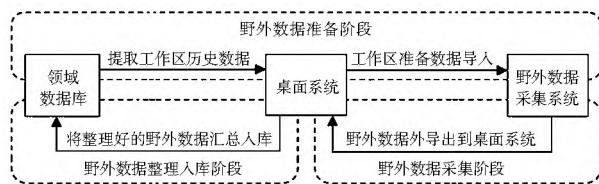


图 1 野外数据采集信息化流程

Fig. 1 Flowchart of field data collection informatization

(1) 野外数据准备。确定工作区,将相关的历史地理空间数据、专业地质数据、规划数据等通过桌面系统进行整理、打包,并导入至野外数据采集系统中。

(2) 野外数据采集。利用安装有野外数据采集系统的平板电脑、手机等设备,在野外进行地质空间信息与地质专业信息的采集。

(3) 野外数据整理入库。将野外地质数据导入至桌面系统进行整理、分析,然后汇总至数据库进行统一管理。

## 2 基于移动 GIS 的野外地质数据采集基本技术

基于移动 GIS 的野外地质数据采集技术结合了通信技

术、GIS、PDA、定位技术,能够实现野外地质数据空间与属性信息的双向访问,完成对各类信息的综合分析解释,实现野外地质数据采集的一体化作业模式。整个一体化流程主要依赖 PDA 技术、GPS 定位技术以及移动 GIS 技术等 3 个基本技术。

### 2.1 PDA 技术

PDA(Personal Digital Assistan,掌上电脑)是一种移动式便携计算机,内置嵌入式操作系统。集计算、管理信息于一体,通过有线或无线方式接入 Internet,具备移动性和硬件扩充能力<sup>[25]</sup>。通过第三方软件,PDA 可以实现图像处理、外接 GPS 卡导航等。

PDA 的核心是操作系统,从而 PDA 才具备一定的数据分析与图形处理能力,能够实现地质空间数据的显示与编辑等功能,并具有对主流 GIS 软件数据格式的输出能力。目前比较常见的 PDA 操作系统包括 Windows 系统,Android 系统以及 IOS 系统等。

PDA 最初被应用到野外数据采集工作中,只是以数字化输入代替一部分手写内容,以简化外业到内业的数据整理流程,提高工作效率。目前用于野外地质数据采集的 PDA 除了能够支持二次开发外,还必须集信息输入、存储、管理和输出于一体,同时要求具有体积小、重量轻、能耗低等特点,以方便野外工作使用。

### 2.2 GPS 定位技术

野外定位技术是野外地质数据采集工作的基础。国内使用的定位技术主要是 GPS 定位技术与北斗卫星导航系统定位技术。

GPS 具有精度高、速度快、全球性、全天候、实时性、测站间无需通视以及操作简便等优点,被广泛应用到各方面野外工作中<sup>[26]</sup>。GPS 与嵌入式 GIS、PDA 结合能够完成野外图形的采集,GPS 通过串口将定位信息上传到 PDA,经过 PDA 解析成 GIS 使用的坐标并显示在 PDA 的 GIS 底图上<sup>[27]</sup>。外接 GPS 设备通过第三方软件作为掌上电脑的外部设备实现定位,其能否应用于野外地质数据采集主要有三个因素:精度、体积重量与功耗。随着信息技术的发展,内置 GPS 作为 PDA 的内部设备,兼容性、实用性与精确性都得到了更程度的提升。

北斗卫星导航系统是我国自主研发的利用卫星信号进行定位通讯的系统,能够实现授时定位及通过卫星传递短信息,具有开放性、兼容性、渐近性、保密性等特点。北斗卫星导航系统的功能基本与 GPS 处在同一水平,但北斗单频伪距差分定位精度较 GPS 仍存在较大差距,利用北斗与 GPS 进行组合定位时,模糊度解算的固定率和可靠性可以显著提高<sup>[28]</sup>。目前,基于“北斗一号”的地质灾害监测已应用在实际地质工作中<sup>[29-31]</sup>。北斗一号/GPS 结合的系统不仅解决了野外无地面通讯信号地区的定位回传及信息通讯的问题,还解决了现阶段北斗定位导航技术精确度及稳定性不高的问题<sup>[32]</sup>。

### 2.3 移动 GIS 技术

野外数据采集软件部署于 PDA 终端,以数字化输入完成野外地质数据的现场采集,这个过程需要对不同地质数据

类型进行管理、分析,因此,具备移动数据库功能、空间数据管理与分析功能的 GIS 技术是野外地质数据采集软件的重要技术基础。

移动 GIS 技术是建立在有限处理能力的移动终端条件下,在相关 GIS 软件的基础上,利用软件接口进行二次开发,将 GIS 技术的空间分析功能、数据管理功能以及图形处理功能移植至移动设备中,提供移动的、分布式的、随遇性的移动地理信息服务的地理信息系统<sup>[33]</sup>,即在嵌入式 GIS 的基础上,以移动互联网为支撑,以智能手机或平板电脑为终端,结合北斗、GPS 或基站为定位手段的 GIS 系统<sup>[34]</sup>。目前国内比较成熟的移动 GIS 开发平台包括 ACRGIS、MAPGIS 等。

### 3 基于移动 GIS 的野外地质数据采集功能模块

野外数据采集全程信息化的主要功能模块包括野外数据采集模块和桌面数据管理模块,其体系结构见图 2。

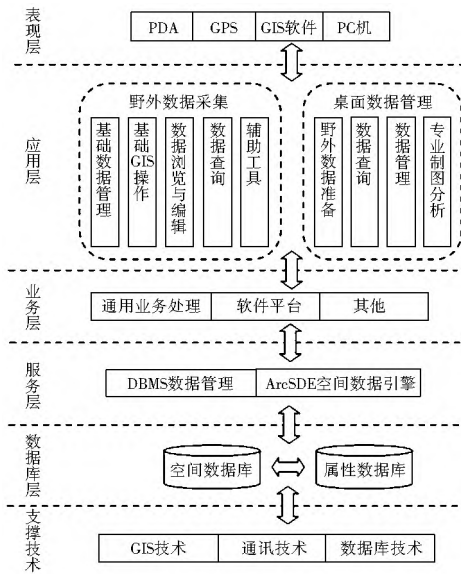


图 2 野外数据采集信息化体系结构

Fig. 2 Systematic structure of field data collection informatization

野外数据采集模块利用基于 PDA 的嵌入式 GIS 平台,结合 GPS 定位技术,对各类野外地质信息进行快速提取。具体包括以下功能模块:(1)基础数据管理,包括接收桌面系统数据,图层管理等;(2)基础 GIS 操作,包括图形浏览:漫游、放大、缩小、复位,空间分析等;(3)数据浏览与编辑,包括浏览已有调查数据,修改已有调查数据,几何要素的创建、编辑、修改、撤销、删除等;(4)数据查询,包括几何查询、属性查询以及基于空间分布的相关查询等。(5)辅助工具,包括移动定位,距离量算以及其他功能等。

桌面系统为 GIS 软件的数据管理支撑平台,其与数据库技术结合,用于为采集终端准备底图数据,并对获取的数据进行编辑、统计、分析、打印输出等。具体包括以下功能模块:(1)野外数据准备模块,用于规划野外调查路线,野外调查点,提取调查参考数据,数据交互等;(2)数据查询模块,用于数据检索查询、空间检索查询、条件查询等;(3)数据管理模块,用于信息集管理、属性数据维护、属性数据图形显示、数据交互等;(4)专业制图分析模块,用于成果文件生成及整

饰等。

### 4 国内基于移动 GIS 的野外地质数据采集信息化研究成果

伴随着我国 1:5 万地质调查工作的展开,对野外地质数据采集的及时性与准确性、数据存储的便捷性与高效性以及空间数据处理与交流的移动性等提出了更高的要求。不同地质领域针对基于移动 GIS 的野外地质数据采集信息化的研究也取得了一定成果,其中以下几项比较有代表性。

(1)区域地质调查数字填图野外数据采集信息化<sup>[35-39]</sup>,不仅规范了记录方式,也提高了定位精度和速度,满足了野外地质填图中对空间定位、文字描述、图形影像等的记录要求。

(2)矿产资源调查野外数据采集信息化系统<sup>[40-44]</sup>。该系统实现了槽探、浅井、坑道、钻孔探矿工程的野外数据采集与原始地质编录,完成了从地质矿产资源调查野外数据采集到地质成图、矿体圈定、品位估计等全流程的信息化。

(3)地下水资源调查野外数据采集信息化系统<sup>[45-49]</sup>。该系统从形式和功能上均围绕地下水资源数据库建设开发需求,进行对地下水资源调查直接成果的表达,实现了对地下水资源信息的采集、录入、编辑、管理、浏览、查询等,同时数据处理操作也更加简便。

(4)地质灾害调查野外数据采集信息化系统<sup>[47-79]</sup>。该系统能够帮助了解调查区域内的地质灾害情况,实现了集野外数据组织,采集背景文件发布、采集数据收集等一体化的工作流程,从而为工程设计、地质灾害防治等提供依据。

### 5 讨论与展望

地质调查工作的效率取决于野外地质数据采集的工作效率。随着我国地质调查工作的进一步深入,海量的地质调查数据需要进行存储、管理与分析,同时对地质调查数据的精确性、及时性以及野外地质调查工作的移动性提出了更高的要求。野外地质数据采集信息化的研究是涉及到地质、计算机、网络、GIS、GPS 等领域的工作,是目前国内外地质调查工作的重点内容之一。基于移动 GIS 的野外地质数据采集依托于具有数据与图形处理能力的操作系统,以嵌入式 GIS 技术、无线网络技术、移动数据库技术以及 GPS 定位技术等为支撑,具有移动性、准确性、及时性、高效性等特点,是目前解决这些问题的有效技术手段。

然而我国野外地质数据采集信息化仍存在一些问

(1)野外数据采集软件系统与硬件设备的同步更新问题。野外数据采集软件从设计开发到推广使用的周期过长,而硬件设备却更新较快,最终可能产生软件的兼容性问题;

(2)缺乏统一的野外数据采集标准。由于野外数据采集工作主要依托于具体的行业需求,缺乏统一标准,导致数据质量参差不齐或数据重复,制约了我国野外地质数据采集信息化研究工作的发展;

(3)地质数据的保密性问题,由于地质数据尤其是空间位置信息、能源信息等往往是关系到国家的安全与战略部署,属于绝密级别的资料,但是基于 windows、android、IOS 平台开发的野外地质数据采集软件往往具有一定的开放性,甚至存在可被利用的漏洞,同时在数据的交流与共享中也可

能导致泄密。因此,地质数据的保密性问题一直是困扰野外地质数据采集信息化研究的问题之一。

#### 参考文献(References):

- [1] 姜作勤,李友枝.野外地质数据采集信息化的现状与特点[J].中国地质,2001,28(6): F5. (JIANG Zuqin, LI Youzhi. Present status and features of field geological data collection informationization[J]. Chinese Geology, 2001, 28(6): F5. (in Chinese))
- [2] 李超岭,邱丽华.野外资源信息数字化采集技术研究[J].福州大学学报:自然科学版,2001,29(S1): 66-71. (LI Chaoling, QIU Lihua. On digital techniques for resource information collecting[J]. Journal of Fuzhou University: Natural Science, 2001, 29(S1): 66-71. (in Chinese))
- [3] 王艳艳,高彦涛.基于 CORS 的野外数据采集系统的研究[J].中国新技术新产品,2012(10): 4. (WANG Yanyan, GAO Yantao. Field data collection system research based on CORS[J]. China New Technologies and Products, 2012(10): 4. (in Chinese))
- [4] 余丰华,夏跃珍,杨克红,等.移动 GIS 技术在地质灾害数据采集领域的应用研究[J].中国地质灾害与防治学报,2006,17(2): 102-106. (YU Fenghua, XIA Yuezhen, YANG Kehong, et al. Application of mobile GIS technique in geohazard data collection[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2006, 17(2): 102-106. (in Chinese))
- [5] 姜作勤.国内外区域地质调查全过程信息化的现状与特点[J].地质通报,2008,27(7): 956-964. (JIANG Zuqin. Present status and features of informationization of the full process of regional geological survey at home and abroad[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(7): 956-964. (in Chinese))
- [6] 刘刚,吴冲龙,汪新庆.计算机辅助区域地质调查野外工作系统研究进展[J].地球科学进展,2003,18(1): 77-84. (LIU Gang, WU Chonglong, WANG Xiqing. Research progress of field working system of computer aided regional geological survey [J]. Advance in Earth Sciences, 2003, 18(1): 77-84. (in Chinese))
- [7] 姜作勤.澳大利亚第二代填图野外数据采集的新进展[J].中国区域地质,1997,16(3): 335-336. (JIANG Zuqin. New progress of second generation mapping field data acquisition of Australia[J]. Regional Geology of China, 1997, 16(3): 335-336. (in Chinese))
- [8] Ryburn R J, Blewett R L. Structuring BMR's geoscientific databases for GIS and automated cartography[A]. 11th Australian Geological Convention [C]. Geological Society of Australia, 1992.
- [9] Murray Hazell, Richard S Blewett. Accurate and Efficient Capturing of Field Data for Integration into a GIS—a Digital Field Notepad System[A]. In: Forum Proceedings of Third National Forum on GIS in the Geosciences[C]. AGSO RECORD, 1997.
- [10] Struik L C, Atrens A, Haynes A. Handheld computer as a field notebook and its integration with the Ontario Geological Survey's Fieldlog program[R]. Current Research, Part A. Geological Survey of Canada, 1991.
- [11] BoyanBrodaric. Field data capture and manipulation using GSC Fieldlogv3. 0 [A]. Digital Mapping Techniques '97—USGS Oper File Report 97-269 [C]. United States Geological Survey, 1997.
- [12] Andreas P Briner, HeinoKronenberg, Martin Mazurek, et al. FieldBook and GeoDatabase: Tools for field data acquisition and analysis [J]. Computers & Geosciences, 1999, 25(10): 1101-1111.
- [13] BoyanBrodaric. Digital Geological Knowledge: From the Field to the Map to the Internet [A]. Digital Mapping Techniques'00—Workshop Proceedings USGS Oper File Report 00-325 [C]. United States Geological Survey, 2000.
- [14] BoyanBrodaric. The Design of GSC FieldLog: ontology-based software for computer aided geological field mapping [J]. Computers & Geoscience, 2004, 30(1): 5-20.
- [15] Broome J, Brodaric B, Viljoen D, et al. The NATMAP digital geosciences data management system [J]. Computers & Geosciences, 1993, 19(10): 1501-1516.
- [16] Charles Roy. Quebec Geomining Information System (SIGEOM): Field Data Capture Module [A]. Digital Mapping Techniques 01—Workshop Proceedings USGS Oper File Report 01-223 [C]. United States Geological Survey, 2001.
- [17] John H Kramer. Digital mapping systems for field data collection [A]. Digital Mapping Techniques 00—Workshop Proceedings: USGS Oper file Report 00-325 [C]. United States Geological Survey, 2000.
- [18] David R Soller, Thomas M Berg. The National Geologic Map Database: A Progress Report [A]. Digital Mapping Techniques 01—Workshop Proceedings: USGS Oper file Report 01-223 [C]. United States Geological Survey, 2001.
- [19] George H Brimhall, Abel Vanega, DerelLerch. GeoMapper program for Paperless Field Mapping with Seamless Map Production in ESRI ArcMap and Geologger for Drill-Hole Data Capture: Applications in Geology, Astronomy, Environmental Remediation, and Raised Relief Models [A]. Digital Mapping Techniques 02—Workshop Proceedings, USGS Oper File Report 02-370 [C]. United States Geological Survey, 2002.
- [20] George H Brimhall, Abel Vanegas. Removing science workflow barriers to adoption of digital geological mapping by using the GeoMapper Universal Program and Visual User Interface [A]. digital mapping techniques '01—Workshop Proceedings USGS Oper File Report 01-223 [C]. United States Geological Survey, 2001.
- [21] Richard Kennedy, Robert McLeman, Mike Sawada, et al. Use of Smartphone Technology for Small-Scale Silviculture: A Test of Low-Cost Technology in Eastern Ontario [J]. Small-scale Forestry, 2014, 13(1), 101-115.
- [22] M. Giardino, L. Perotti, M. Lanfranco, et al. GIS and geomatics for disaster management and emergency relief: a proactive response to natural hazards [J]. Applied Geomatics?, 2012, 4(1): 33-46.
- [23] 李超岭.数字地质调查系统操作指南(上、中、下册) [M].北京:地质出版社,2011. (LI Chaoling. Digital Geological Survey System (Volume one, volume two, volume three) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011. (in Chinese))
- [24] 李超岭,杨东来,于庆文,等.数字区域地质调查基本理论与

- 技术方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2001(20): 43-47. (LI Chaoling, YANG Donglai, YU Qingwen, et al. Research on the theory frame of digital mapping techniques in regional geological survey[J]. Computer Engineering and Applications, 2001(20): 43-47. (in Chinese))
- [25] 田根, 童小华, 张锦. 基于 PDA 的 GIS 系统研究与开发[J]. 计算机工程, 2004, 30(2): 76-77. (TIAN Gen, TONG Xiaohua, ZHANG Jin. Development of mobile GIS system based on PDA[J]. Computer Engineering, 2004, 30(2): 76-77. (in Chinese))
- [26] 丁继新, 马捷, 尚彦军, 等. GPS 手持机在野外地质填图中的应用[J]. 地质与勘探, 2007, 43(1): 89-93. (DING Jixin, MA Jie, SHANG Yanjun, et al. Application of hand-holding GPS receiver in the geological mapping[J]. Geology and Prospecting, 2007, 43(1): 89-93. (in Chinese))
- [27] 裴凌, 王庆, 王慧青. 基于嵌入式 GIS 的 GPS 野外数据采集系统关键技术实现[J]. 测控技术, 2006, 25(6): 27-29. (PEI Ling, WANG Qing, WANG Huiqing. Implementation of key technologies in GPS field data collection system based on embedded GIS[J]. Measurement & Control Technology, 2006, 25(6): 27-29. (in Chinese))
- [28] 杨元喜, 李金龙, 王爱兵, 等. 北斗区域卫星导航系统基本导航定位性能初步评估[J]. 中国科学: 地球科学, 2014, 44(1): 72-81. (YANG Yuanxi, LI Jlong, WANG Aibing, et al. Preliminary assessment of the navigation and positioning performance of Beidou regional navigation satellite system[J]. Science China Earth Sciences, 2014, 44(1): 72-81. (in Chinese))
- [29] 朱永辉, 白征东, 过静琚, 等. 基于北斗一号的地质灾害自动监测系统[J]. 测绘通报, 2010(2): 5-7. (ZHU Yonghui, BAI Zhengdong, GUO Jingjun, et al. A new wireless system for geological disasters monitoring based on beidou-1[J]. Bulletin Surveying and Mapping, 2010(2): 5-7. (in Chinese))
- [30] 石小亚, 王佳运. 基于北斗卫星技术的野外地质工作管理与服务模式: 青海玉树州地质灾害详查示范应用[J]. 中国矿业, 2013(4): 110-113. (SHI Xiaoya, WANG Jiayun. The Management and service mode of field geological work based on the Beidou Satellite Technology: Application on The Project of Detailed Geological Disaster Survey in Yushu, Qinghai[J]. China Mining Magazine, 2013(4): 110-113. (in Chinese))
- [31] 罗腾, 白征东, 过静琚, 等. 基于北斗卫星系统的地质灾害监测系统在西藏地下水位和地应力监测中的应用[J]. 工程勘察, 2011(2): 78-80. (LUO Teng, BAI Zhengdong, GUO Jingjun, et al. Geological disaster monitoring system based on Beidou Satellite System: Crustal stress and water table monitoring in Tibet[J]. Geotechnical Investigation & Surveying, 2011(2): 78-80. (in Chinese))
- [32] 孟月玥, 汪大明, 方洪宾, 等. 北斗一号/GPS 双模手持终端野外遥感地质矿产查证系统设计[J]. 地质力学学报, 2012, 18(3): 235-241. (MENG Yueyue, WANG Daming, FANG Hongbin, et al. Design of the field remote sensing verification system for geological mineral resources based on Hand-held Beidou-1/GPS Dual Mode terminal[J]. Journal of Geomechanics, 2012, 18(3): 235-241. (in Chinese))
- [33] 李泽沛. 基于野外数据采集的移动 GIS 研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2008. (LI Zepai. Mobile GIS research based on field data collection[J]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2008. (in Chinese))
- [34] 王云波, 王岩, 王永. 移动 GIS 在林业数据采集系统的应用[J]. 吉林农业, 2012(2): 150. (WANG Yunbo, WANG Yan, WANG Yong. Application of mobile GIS in forestry data collection system[J]. Jilin Agriculture, 2012(2): 150. (in Chinese))
- [35] 覃小锋, 周开华, 胡贵昂, 等. 在基于数字填图系统的 1:25 万区域地质调查修测中前人地质资料的利用与数据采集[J]. 地质通报, 2008, 27(7): 986-994. (QIN Xiaofeng, ZHOU Kaihua, HU Guiang. Utilization of previous geological data and data collection in 1:250000 regional geological amendment survey based on the digital mapping system[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(7): 986-994. (in Chinese))
- [36] 朱凤丽. 区调中数字填图技术的操作流程及认识——以路线地质调查为例[J]. 资源环境与工程, 2012, 26(3): 290-292. (ZHU Fengli. Operation flow and cognition of digital mapping techniques in regional survey[J]. Resources Environment & Engineering, 2012, 26(3): 290-292. (in Chinese))
- [37] 田洋, 谢国刚, 王令占, 等. 数字填图系统中 1:5 万地质图空间数据库建立质量控制与操作技巧[J]. 华南地质与矿产, 2010(4): 77-82. (TIAN Yang, XIE Guogang, WANG Lingzhan, et al. The quality control and operation skills of 1:50000 geologic map spatial database in digital mapping system[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2010(4): 77-82. (in Chinese))
- [38] 徐磊, 孙羽, 李永军, 等. 浅谈数字填图系统背景图层的参数调整技巧与方法[J]. 甘肃地质, 2013, 21(1): 81-85. (XU Lei, SUN Yu, LI Yongjun, et al. Methods and skills of adjusting the parameters of background layer for digital mapping[J]. Gansu Geology, 2013, 21(1): 81-85. (in Chinese))
- [39] 郭福生, 吴志春, 谢财富, 等. 数字地质填图系统的几点改进意见及实用技巧[J]. 中国地质, 2012, 39(1): 252-259. (GUO Fusheng, WU Zhichun, XIE Caifu, et al. Some suggestions for the improvement of the regional geological mapping system and practical skills[J]. Geology in China, 2012, 39(1): 252-259. (in Chinese))
- [40] 吕亚军, 秦李颖. 基于智能移动平台的矿产资源数据采集系统设计及实现[J]. 矿山测量, 2009(1): 59-60. (LV Yajun, QIN Liye. Design and implementation of the mineral resources data collection system based on intelligent mobile platform[J]. Mine Surveying, 2009(1): 59-60. (in Chinese))
- [41] 矫丽娜, 谭丽萍, 梁伟, 等. 矿产资源储量投影图的编制及数据采集过程中若干问题的探讨[J]. 科技信息, 2010(1): 796. (JIAO Lina, TAN Liping, LIANG Wei, et al. The projection drawing of mineral resources reserves and some problems in the process of data collection[J]. Science & Technology Information, 2010(1): 796. (in Chinese))
- [42] 迟文学, 吴信才, 李怡达, 等. 武警黄金地勘信息系统的技术特点与集成实现[J]. 测绘科学, 2008, 33(5): 171-173. (CHI Wenhue, WU Xincan, LI Yida, et al. The characteristics and realization of geology prospecting information system for gold geology of Chinese People's Armed Police Force[J]. Science of Surveying and Mapping, 2008, 33(5): 171-173. (in Chinese))
- [43] 王新春, 杨东来. 矿产资源调查数据处理与综合分析子系统设

- 计[J]. 地质科技情报, 2008, 27(5): 102-106. (WANG Xirchun, YANG Donglai. Design of the mineral resources processing and analysis system[J]. Geological Science and Technology Information, 2008, 27(5): 102-106. (in Chinese))
- [44] 邓岳川, 高德政. 基于 GIS 的矿产资源勘察信息系统的开发[J]. 测绘科学, 2006, 31(3): 132-133. (DENG Yuechuan, GAO Dezheng. Development of mineral resource reconnaissance information system based on GIS[J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, 31(3): 132-133. (in Chinese))
- [45] 王伟. 地下水资源调查野外数据采集系统的开发与应用[D]. 北京: 中国地质科学院, 2007. (WANG Wei. Development and application of the groundwater resources survey field data acquisition system[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2007. (in Chinese))
- [46] 王伟, 张永波, 张礼中, 等. 地下水资源野外数据采集系统的应用[J]. 水科学与工程技术, 2007(3): 25-27. (WANG Wei, ZHANG Yongbo, ZHANG Lizhong, et al. Application of groundwater field data acquisition system[J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2007(3): 25-27. (in Chinese))
- [47] 王增福, 谢谟文, 董晨曦, 等. 基于 3S 技术的地质灾害野外调查三维辅助系统的研究[J]. 工程勘察, 2011(12): 42-45. (WANG Zengfu, XIE Mowen, DONG Chexi, et al. Study on 3D aided system for geological hazard survey based on 3S technology[J]. Geotechnical Investigation & Surveying, 2011(12): 42-45. (in Chinese))
- [48] 张像源, 曾青石, 陈辉. 地质灾害野外调查数据采集系统数据模型研究[J]. 水文地质工程地质, 2007(5): 98-101. (ZHANG Xiangyuan, ZENG Qingshi, CHEN Hui. Data Model of Digital Data Gathering System for Geological Disaster Investigation[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2007(5): 98-101. (in Chinese))
- [49] 曾青石, 张像源, 陈辉. 基于 3S 技术的地质灾害野外调查数据采集系统的研究[J]. 水文地质工程地质, 2008(1): 121-125. (ZENG Qingshi, ZHANG Xiangyuan, CHEN Hui. Study of digital data gathering system about geological disaster investigation based on 3S technology[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2008(1): 121-125. (in Chinese))

## 版权转让声明

本刊已加入万方数据数字化期刊群(www.wanfangdata.com.cn)、中国知网(www.cnki.net)、维普资讯网(dx1.cqvip.com)和龙源期刊网(www.qikan.com)等网站,并被中国核心期刊(遴选)数据库、中国期刊全文数据库、美国《化学文摘》(CA)等数据库收录。凡本刊录用的稿件将通过因特网进行网络出版或提供信息服务,稿件一经录用,将一次性支付作者著作权使用报酬(即包括印刷版、光盘版和网络版各种使用方式的报酬),作者将该论文的复制权、发行权、信息网络传播权、汇编权等在全世界范围内转让给本刊。若有异议,请在投稿时作文字说明,编辑部将酌情处理。

特此声明!

《南水北调与水利科技》编辑部