

doi: 10. 11720/wtyht. 2024. 2410

周怡宁, 高艳芳, 常婵, 等. 基于移动 GIS 的地球化学野外采集系统的设计与实现[J]. 物探与化探, 2024, 48(1): 201–209. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2024.2410>

Zhou Y N, Gao Y F, Chang C, et al. Design and implementation of a geochemical field sampling system based on mobile GIS[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2024, 48(1): 201–209. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2024.2410>

基于移动 GIS 的地球化学野外采集系统的设计与实现

周怡宁^{1,2}, 高艳芳^{1,2}, 常婵^{1,2}, 张必敏^{1,2}

(1. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所 自然资源部地球化学探测重点实验室, 河北 廊坊 065000; 2. 联合国教科文组织全球尺度地球化学国际研究中心, 河北 廊坊 065000)

摘要: 在传统地球化学野外调查工作中, 尤其在样品数量多、自然环境恶劣的工区, 采集工具携带不便、内业数据整理过程繁琐势必会影响地球化学野外调查的质量和精度。地球化学野外调查的信息化和智能化是时代的要求, 更是方法技术发展的必然趋势。本文综合移动 GIS 技术、数据库等技术, 映照地球化学野外调查工作的流程, 基于 ArcGIS 和 Android 平台研发了一套涵盖工作布置、野外采集以及质量检查等功能的地球化学野外调查软件。系统实现了地球化学野外调查全流程的信息化和智能化, 改变了地球化学野外数据的采集方式, 节省了一线野外工作的时间, 提高了内业数据整理的效率以及野外调查信息的质量和精度, 推动了地球化学野外调查的数字化进程。

关键词: 移动 GIS; 野外地球化学调查; 信息化; 内外业一体化

中图分类号: O657

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2024)01-0201-09

0 引言

地球化学野外数据采集是地球化学勘查数据获取的重要来源。但目前野外采集工作的自动化程度低, 传统的野外采集过程一般在白天进行, 野外调查人员往往需要携带 GPS 设备、采样工具、记录卡和笔等诸多工具, 根据规范要求采集地球化学样品, 并使用手持 GPS 定点存储实际采样点位的信息, 记录各项野外观测数据, 填写于纸质记录卡上, 傍晚返回驻地后利用 Excel 等软件手动电子化。尤其在环境恶劣的区域, 工作难度增大、工作效率降低势必会导致野外工作质量不能达到预期水平。

随着信息化技术的应用, 地球化学野外调查方法也逐渐发生改变。美国、澳大利亚、加拿大等国家在 20 世纪 80 年代开始了野外地质数据采集的信息化探索, 其中比较有代表性的有澳大利亚的 REG-MAP 填图系统, 加拿大的 FieldLog 系统以及美国的

GeoMapper 和 ArcPad 等系统^[1-11]。目前在内地地球化学调查中, 奥维地图、Mobile GIS、高德地图等 GIS 软件使用最为广泛, 可以实现部分在(离)线地图加载、地图编辑、导航的功能^[12-13], 但野外调查的总流程无法在一个软件或者一套系统中实现, 需要在几个软件中频繁切换。因此, 一套可以实现野外工作的全流程信息化的系统是每个野外一线人员期盼的工具。

本文综合移动 GIS 技术、数据库等技术, 映照地球化学野外调查工作的流程, 基于 ArcGIS 和 Android 平台研发了一套涵盖工作布置、野外采集以及质量检查等功能的地球化学野外调查软件。基于此系统, 野外地质工作者可以综合利用文字、图像、视频等多种多媒体技术, 来记录野外样品点位信息的采集, 更加详细和客观地反映采样点周围环境的属性及空间信息。野外信息的智能化录入方式, 减少了野外工作者的室内工作量, 省去了人工数字化记录卡的错误率, 提高了野外调查信息的质量和精度,

收稿日期: 2022-08-15; 修回日期: 2023-06-09

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(DD20190450, DD20221807); 国家重点研发计划穿透性地球化学勘查技术项目(2016YFC0600600); 物化探所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(AS2022P03)

第一作者: 周怡宁(1996-), 男, 硕士, 工程师, 从事地球化学、GIS 与遥感二次开发等研究工作。Email: zhouyining@mail.cgs.gov.cn

通讯作者: 常婵(1995-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事勘查地球化学系列软件开发及地质信息化研究工作。Email: changchan@mail.cgs.gov.cn

同时也提高了成果汇总及资料汇交的效率。

1 地球化学野外样品调查的工作流程

野外地球化学调查主要可分为前期资料准备(工作布置)、野外采集和室内整理、质量检查、样品预处理 4 部分。按照地球化学调查规范^[14-16],在传统的地球化学野外调查流程中,前期准备工作需要收集项目工区相关的资料,如地形图、地质图、高精度遥感解译影像图、高程图、水系图等图件。项目组在正式开展野外样品采集工作之前,需要对携带的移动设备进行 GPS 精度校验,移动端需在 20 min 内进行 10 次 GPS 的坐标读取,每次读取间隔为 2 min,并计算出 10 次坐标的均值、标准差、最大误差和平均误差,生成 GPS 校验和 GPS 校验报告。野外调查工作中需要完成定点、记录、采样、拍照的工作,当日样品采集结束后需填写样品交接表;室内资料整理工作需完成采样数据录入、照片整理、绘制航迹并生成航迹报告等。质量检查工作分为自检、互检和二、三级质量检查(室内检查与野外检查),自、互检工作要在每日采集结束后完成,并填写自、互检表,检查率为 100%,二、三级质量检查分为室内检查和野外检查,主要涉及对原始资料及野外采样质量的检查,并填写质量检查系列表格。二级质量检查主要由项目负责或技术负责组织实施,室内质量检查率、野外质量检查率要求分别达到当前总工作量的 20%和 5%。三级质量检查由承担单位组织专家实施,其中野外质量检查、室内质量检查率分别为 0.5%~1%,5%~10%。以上所有的过程需要集合奥维、Mobile GIS 或 GPS 设备,以及 GIS office、Excel 等软件,并且需要配合纸质的图件和记录卡来完成。

结合地球化学调查方法技术,将以上工作映射到信息化技术中,需开发一套由数据汇集端和数据收集端两个子系统组成的系统,以全流程地实现地球化学野外调查的信息化。

2 系统设计

2.1 系统架构

软件架构是软件需求和软件设计的桥梁。现阶段典型的软件体系结构主要有 C/S(客户机/服务器)和 B/S(浏览器/服务器)两种结构^[17-18]。C/S 架构有交互性强、响应速度快、安全性强等特点,但需要专门的客户端安装程序;B/S 架构无需安装客户端,用户可以跨平台和操作系统访问服务器,但容

易受网络的限制导致响应速度较慢,安全性不高。两种架构各有优劣。

根据地球化学野外采集的工作流程和野外工作特征,本系统采用 C/S 架构,分为桌面端、移动端两个端元。整个系统的架构如图 1 所示,系统主要由 5 个层面组成,分别为基础设施层、数据层、平台层、应用层和表现层。

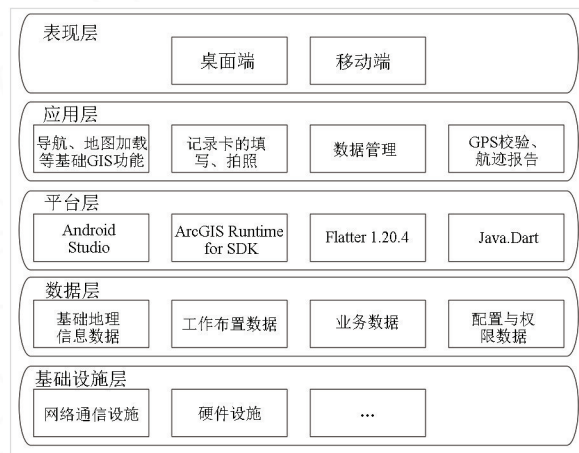


图 1 系统主要架构

Fig. 1 Frame of the system

2.2 关键技术

2.2.1 安卓开发技术

安卓(Android)是谷歌公司开发的开源移动终端操作系统,是一套真正意义上的开放性的平台和架构,支持用户的自定义等扩展模块,广泛应用于手机、平板等移动设备。安卓设备在国内市场上有很高的关注度和占有率,且安卓设备体积较小、易于携带,适用于野外工作场景。同时安卓系统是移动 GIS 平台逻辑最底层的操作系统,开发者可以基于 Android SDK 的平台开发设计出不同种类的应用。安卓系统内置 GPS 模块的特点也为此平台开发野外样品采集系统奠定了良好的基础,可以辅助实现 GPS 定位技术的应用^[19-24]。

2.2.2 ArcGIS Runtime SDK

ArcGIS Runtime SDK for Android 是 ESRI 为 Android 平台提供的专门的开发包,支持使用 Java 等各语言开发应用程序^[25-26]。ArcGIS Runtime SDK for Android 包括用于 Android Studio 的 lib-project 和用于 eclipse 等环境的 jar 函数库,同时提供了丰富的工具、文档和示例,使用户能够快速使用 Java 构建移动应用程序。

ArcGIS for Server 提供了强大的制图、地理编码、地理处理等基础功能接口,可服务于 ArcGIS Runtime for SDK 所需的地图数据加载、基础地理信

息处理、空间分析的功能。通过调用相关服务,用户可以进行地图浏览、查询和检索,使用 GPS 技术进行定位、导航、几何计算空间分析以及其他离线功能(包括地图缓存、离线浏览和查看以及地理编码等)^[27-28]。离线环境下,ArcGIS 可将基础数据发布为要素服务,用户可以从服务器上下载数据并且以 Runtime Geodatabase 的格式保存,从而满足大量用户同时工作的场景,尤其在比较恶劣的环境中,离线地图、地质图等数据对地球化学野外样品采集具有显著性的作用,这些功能为地球化学野外采集工作提供了强有力的技术保障^[29]。

2.2.3 数据库技术

空间数据库是移动 GIS 的数据存储中心,是 GIS 应用服务器处理并完成各种功能的数据源,用来管理空间数据及其关系^[30-31]。地球化学数据具有时空性和多元性。野外样品采集数据不仅包括样

品的空间地理信息,还包括样品的描述信息。除样品采集信息外,质量检查以及样品加工过程的信息也要通过数据库统一管理。SQLite 数据库作为最流行的开源嵌入式数据库,具有轻量级、开源、可跨平台、零配置、不需要用户进行安装和管理的优势^[31-32]。本系统嵌入 SQLite 数据库,显著提高了室内工作中数据的存储和管理的工作效率。

2.3 功能设计

2.3.1 主要功能设计

系统由桌面端和移动端两个子系统组成,桌面端具有数据准备、数据管理、数据交互等模块,实现项目配置、数据库设置、采集任务的管理和数据汇集等功能。移动端用于野外数据的获取和存储、文件传递和交互,主要应用于野外样品采集以及二、三级野外质量调查。桌面端和移动端的主要功能如图 2 所示。

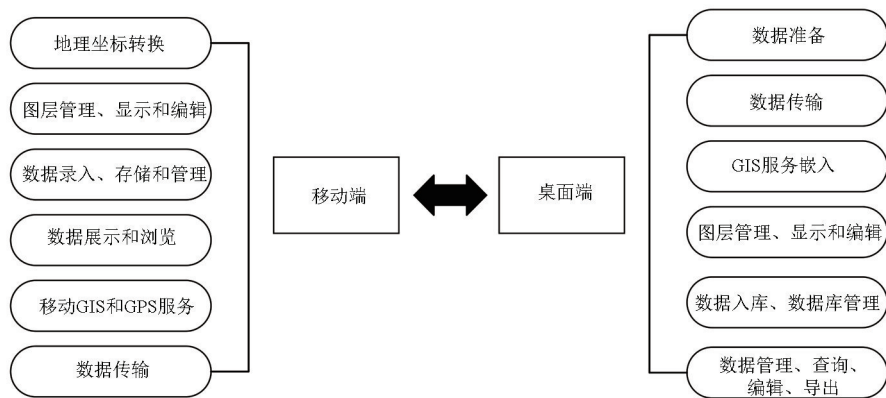


图 2 桌面端和移动端的主要功能

Fig. 2 The main functions of desktop and mobile terminals

2.3.2 工作流程设计

映照野外调查的工作流程,结合信息化技术,野外样品采集系统功能流程设计如下:在项目开展之初,野外调查人员首先使用移动端的 GPS 校验功能完成设备校验并生成 GPS 校验表。在桌面端完成项目信息设置,确定方法技术和工作手段,配置项目人员并划分采样小组。依据工作布置点,结合交通地形等条件,合理地对各采样小组进行任务分配,并将采集任务通过数据传输功能发送移动端。采样人员使用移动端获取采样任务并开展样品采集工作,完成采样记录卡的填写、照片记录等工作,当日采样工作结束后,可生成自检表和样品交接表,最后将采样结果数据上传至桌面端;在桌面端进行航迹报告生成、自检、互检及数据入库等室内工作。在质量检查阶段,二、三级质量检查分为室内检查和野外检查,质量检查基于已采集样品(已入库),室内检查

于桌面端进行,检查采样记录卡、照片、航迹等原始资料并填写室内质量检查(二、三级)表格,野外质量检查流程同野外样品采集类似,需建立野外检查任务,发送至移动端完成野外质量检查,并填写野外质量检查(二、三级)表格。系统的操作流程如图 3 所示。

2.3.3 关键功能设计

1) 数据库设计及数据字典的定义:不同地球化学调查方法技术和工作手段对应不同的采样记录卡、自检表、互检表以及质量检查表格。系统依据相关的勘查地球化学规范,梳理各类表格的字段及值,并基于此完成了数据库设计及数据字典的定义。为满足系统可以适应不同的地球化学调查方法的需求,系统集成了自定义记录卡的功能模块。用户可以根据项目组的需求,对各类地球化学调查规范中定义的记录卡进行字段或值的编辑。

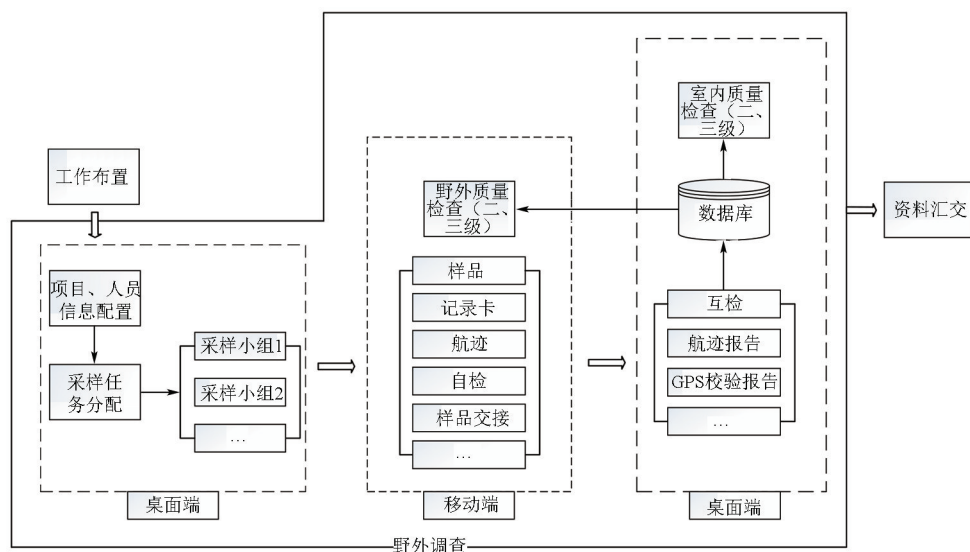


图 3 系统操作流程

Fig. 3 System operation flow

2) 系统人员权限设计:项目组内部人员管理中,人员角色分为项目负责人、审核人、采样人等,项目负责人为最高权限。人员权限的设计,一是使得质量检查工作规范化、流程化。在质量检查过程中,均需要具有权限的管理人员通过输入密码确认以完成检查工作。二是保证数据库数据的真实性,在数据库中进行数据编辑时,需项目负责人提供权限,同时数据库中存储数据库编辑修改记录,并在系统日志中体现,防止用户随意修改野外采集记录,保证数据的真实性和可靠性。

3) 数据传输的自动化:①可通过无线传输方式实现桌面端和移动端的双向传输。②定向传输,不需要用户手动操作,系统定制了文件到文件的传输方式。桌面端可将背景数据、任务分配文件一键发送至移动端相应目录,移动端也可将采样结果(采样记录卡、照片、航迹、自检表、样品交接表)上传至桌面端文件管理目录下。

4) 样品采集模块的智能化:基于 GIS 技术实现对采样任务的可视化表达,以颜色区分采样小组,以子图符号区分样品点的不同采集状态;引入百度导航服务实现线路导航功能;采样记录卡的定制设计,实现字段的下拉选择方式,文字内容支持语音输入;航迹数据的自动记录及显示,可实时查看轨迹;设计照片添加水印功能,拍摄即实时标记坐标、样品号等信息。

5) 基于模板定制的数据导出:为满足部分项目组和部分单位资料汇交的需求,系统设计了基于 Word VBA 实现采样记录卡及检查表格的模板定制输出的功能,用户可以按照规范或自定义的表格将

采样记录卡等信息输出并打印为纸质版。

6) 属性结构设计:工作布置点为 shp 格式的矢量数据,要实现对点位在桌面端和移动端的视图展示,工作布置点 shp 文件必须要有经纬度、样品号等属性字段。点位可根据不同属性字段的值在视图中进行显示。

3 系统实现

3.1 数据准备阶段

项目组进行工作布置,确定采样点的位置信息和属性信息结构,设计采样点位的 shp 文件。在 ArcGIS Runtime SDK 的支持下,桌面端系统支持 shp 矢量数据以及 tiff、img 等格式的影像数据、地质图等数据,移动端支持 tiff、img、tpk 等格式的栅格数据。

3.2 样品采集阶段

3.2.1 室内准备阶段

桌面端完成项目、人员、小组信息的配置,对各小组任务分配,再将采集任务传输至移动端。为了满足并适应不同的地球化学调查方法,根据地球化学调查不同方法技术的规范^[14-16],系统在项目配置模块中提供了各类地球化学勘查方法技术及不同采样介质对应的采样记录卡,用户可根据项目组的需求在系统提供的记录卡上进行字段和值的调整,充分体现系统的标准性和灵活性(如图 4 所示)。

3.2.2 野外采集阶段

1) 前期准备

按照地球化学调查规范,项目组在正式开始野外样品采集之前,需要对携带的移动设备进行 GPS

精度校验,具体方法本文不再赘述。结合信息化的技术,移动端需进行 10 次 GPS 的坐标读取工作,并自动计算出 10 次的均值、标准差、最大误差和平均误差,自动生成 GPS 校验表。

2) 野外采集

野外调查人员手持包含采样任务的移动端前往目标点位采集样品,于移动端中填写采样记录卡并拍照记录(如图 5 所示)。移动端系统将数据以 Excel 的格式存储在本地,结束当天的野外调查后,调查人员将移动端获取的数据传输至桌面端,为了数据的统一管理,数据由桌面端汇集并入库。在调查过程中,

因移动端直接读取桌面端分配的调查任务,所以样品号和实际采样点的经纬度以及日期等信息无需用户填写,由系统直接读取并记录,保证了调查的精度和准确度。

3.3 质量检查阶段

3.3.1 一级质量检查

为了便于用户操作,自检表格于移动端填写;利用桌面端可视化性强的特点,互检于桌面端进行,用户在互检时可加载地图,查看工作布置点和实际采样点之间的空间位置关系,并填写互检表(图 6)。

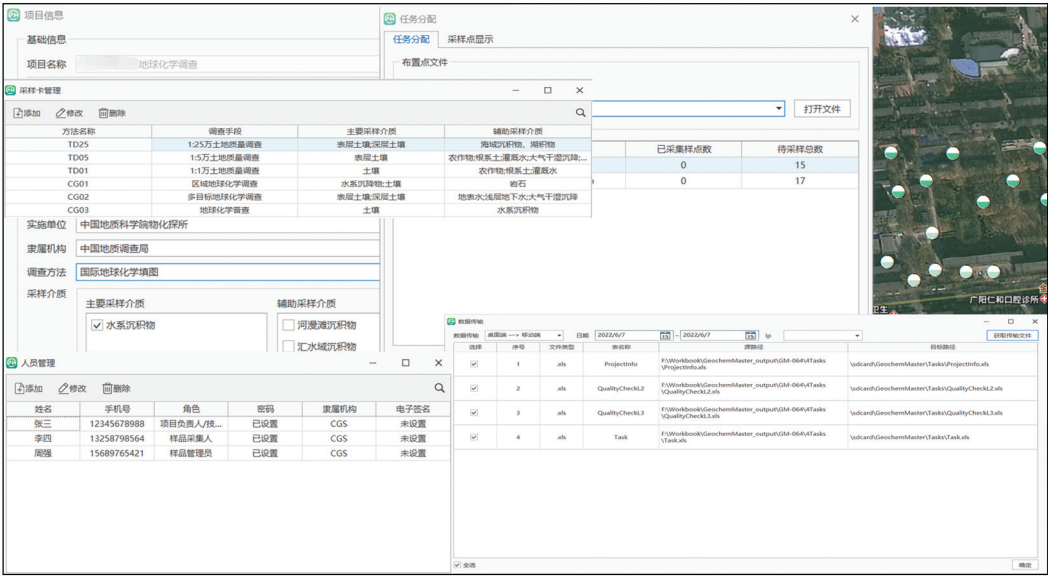


图 4 项目信息、人员、小组信息配置、任务分配和数据传输操作界面

Fig. 4 Project, personnel and group information configuration, task allocation and data transmission interface

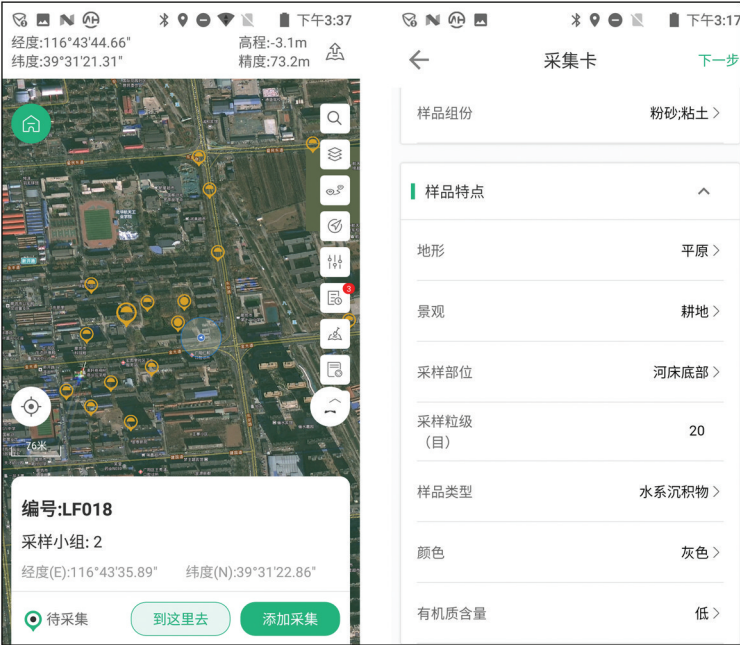


图 5 野外采集,记录卡填写界面

Fig. 5 Field sampling and sample card filling interface

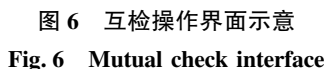


Fig. 6 Mutual check interface

室内质量检查工作主要检查记录卡的内容完整性、正确性、航迹图信息、照片、自检及互检表格填写情况,系统基于数据库技术实现了某样品的采样记录卡、自检表、互检表的快速查询,并基于文件管理方式实现了其所关联的航迹图、照片的一键查询及浏览,便于检查人员开展室内质量检查工作。也可根据需要,通过数据查询与导出功能将所要检查样品的采样记录卡、自检表、互检表等打印为纸质文档进行检查。对室内检查中存在问题的样品,可启用

野外检查主要控制采样点位的合理性、点位变更的合理性、实际采样点位和工作布置点位的误差、采样物质组成合理性、采样介质合理性及重量合理性等属性。系统基于 GIS 技术可将已采集样点展示在视图上,可结合路网信息进行图上选点,建立野外检查任务。野外质量检查工作的流程和样品采集过程类似,由桌面端生成野外质量检查任务并发送至移动端,质量检查人员携带移动端前往目标检查点位进行质量检查,通过查看采样记录卡及野外实地情况,于移动端填写野外质量检查表格。



3.4 资料汇交

资料汇交阶段是在结束野外调查任务后,项目组将地球化学调查数据库、采样点位图等资料进行汇交的过程。因此,为满足野外调查原始成果资料

汇交的要求,在数据管理等模块中,用户可以将野外调查过程中填写的记录卡、自检表、互检表、室内质量检查表、野外质量检查表、航迹图、GPS 校验报告等信息输出并打印,如图 8 所示。



图 8 数据管理模块及记录卡和航迹报告导出模板

Fig. 8 Data management module, Sample record card and Track report template

4 结论

本文对地球化学野外采集系统的设计以及功能实现进行了探索。基于 ArcGIS 平台开发的地球化学野外采集系统,综合 Android 平台及移动 GIS 技术、数据库等技术,一定程度上推动了地球化学野外调查的数字化进程。总结如下:

1) 系统工作流程遵循地球化学勘查规范的工作流程,涵盖了从前期准备、样品采集到质量控制的全过程,采样记录卡及相关质量检查表格依据相关地球化学规范设计,符合地球化学采样工作规范要求。

2) 桌面端实现了项目信息电子化和自动化配置,最大程度可视化了采样任务分配过程。系统严格按照地球化学勘查规范进行质量控制及数据库管理,为数据汇交奠定了良好基础。

3) 移动端集地图加载、导航、定位等服务于一体,极大简化了地球化学野外调查的工作方式;采样记录卡的智能化填写,避免了人工可能带来的采样

记录卡的污染、涂抹等问题,同时提高了采样质量和精度。

4) 本系统的研发提高了地球化学野外勘查工作的效率,降低了野外勘查工作的成本,为野外一线工作人员提供了一种全新、高效的工作方式。

5) 根据不同用户的需求和反馈的问题,系统在未来还需要进行结构和功能上的改进;移动端基于安卓平台开发,软件的通用性和兼容性会成为考验软件的一大难题。

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): 41-46.
Jiang Z Q, Li Y Z. Current situation and characteristics of field geological data acquisition informatization [J]. Chinese Geology, 2001, 28(6): 41-46.

[2] Giardino M, Perotti L, Lanfranco M, 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.

[3] 姜作勤,张明华. 野外地质数据采集信息化所涉及的主要技术及其进展[J]. 中国地质, 2001, 28(2): 36-42.
Jiang Z Q, Zhang M H. The main technology and progress of field

- geological data acquisition informatization[J]. Chinese Geology, 2001, 28(2): 36-42.
- [4] Kennedy R, Mcleman R, Sawada M, 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.
- [5] Broome J, Brodaric B, Viljoen D, et al. The NATMAP digital geo-science data-management system[J]. Computers and Geosciences, 1993, 19(10): 1501-1516.
- [6] 姜作勤. 澳大利亚第二代填图野外数据采集的新进展——AG-SO 的野外数字记录本[J]. 中国区域地质, 1997, 16(3): 112-113.
- Jiang Z Q. New advances in field data acquisition for the second generation of mapping in Australia—AGSO's field digital record book[J]. Chinese Geology, 1997, 16(3): 112-113.
- [7] 姜作勤. 地质工作信息化若干问题的思考[J]. 地质通报, 2004 (S2): 839-845.
- Jiang Z Q. Thoughts on several problems about the information technology (IT) application to geological work[J]. Geological Bulletin of China, 2004(S2): 839-845.
- [8] 董玉森, 刘强, 杨坤光, 等. RGMAP 数字填图系统在周口店实践教学中的应用[J]. 中国地质教育, 2006(2): 92-95.
- Dong Y S, Liu Q, Yang K G, et al. RGMAP digital geological mapping system applied in practice teaching at Zhoukoudian[J]. Chinese Geological Education, 2006(2): 92-95.
- [9] 方成名, 葛梦春, 张雄华, 等. RGMAP 系统在 1:5 万区调中的应用[J]. 新疆地质, 2004, 22(1): 98-100.
- Fang C M, Ge M C, Zhang X H, et al. Practical application of RGMAP on the 1:50 000 regional geological survey[J]. Xinjiang Geology, 2004, 22(1): 98-100.
- [10] 顾延生, 张旺生, 朱云海, 等. 祁连山东南缘基于 RGMAP 的数字化地貌研究[J]. 地球科学, 2003, 28(4): 395-400.
- Gu Y S, Zhang W S, Zhu Y H, et al. Preliminary digital geomorphologic research on southeastern margin of Qilian Mountains based on RGMAP[J]. Earth Science, 2003, 28(4): 395-400.
- [11] 方成名, 葛梦春. RGMAP 数字区域地质调查方法及应用[J]. 东华理工大学学报, 2004, 27(3): 251-254.
- Fang C M, Ge M C. Digital regional geological survey method and its application. [J]. Journal of East China Institute of Technology, 2004, 27(3): 251-254.
- [12] 彭振, 涂晓方. 奥维地图在野外地质调查工作中的应用[J]. 城市地质, 2020, 15(2): 228-232.
- Peng Z, Tu X F. Application of OvitalMap in geological survey[J]. Urban Geology, 2020, 15(2): 228-232.
- [13] 余丰华, 吴冲龙, 刘刚. 基于移动 GIS 的野外地质数据采集系统的设计[J]. 计算机应用, 2004, 24(S1): 82-84.
- Yu F H, Wu C L, Liu G. Design of field geological data acquisition system based on mobile GIS[J]. Computer Application, 2004, 24(S1): 82-84.
- [14] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0258—2014 多目标区域地球化学调查规范[S].
- Ministry of Land and Resources, People's Republic of China. DZ/T 0258—2014 Specification of multi-purpose regional geochemical survey[S].
- [15] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0167—2006 区域地球化学勘查规范[S].
- Ministry of Land and Resources, People's Republic of China. DZ/T 0167—2006 Specification of regional geochemical survey[S].
- [16] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0011—2015 地球化学普查规范[S].
- Ministry of Land and Resources, People's Republic of China. DZ/T 0011—2015 Specification of geochemical reconnaissance[S].
- [17] 李云云. 浅析 B/S 和 C/S 体系结构[J]. 科学之友, 2011(1): 6-8.
- Lin Y Y. Discussion on the architecture of B/S and C/S[J]. Friend of Science Amateurs, 2011(1): 6-8.
- [18] 张友生, 陈松乔. C/S 与 B/S 混合软件体系结构模型[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(23): 3.
- Zhang Y S. C/S and B/S mixed software architecture model[J]. Computer Engineering and Applications, 2002, 38(23): 3.
- [19] 张俊杰, 张海燕, 罗锐. 基于 Android 平台的移动 GIS 研究与实现[J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(9): 3322-3325.
- Zhang J J, Zhang H Y, Luo R. Research of mobile GIS based on Android platform and its implementation[J]. Computer Engineering and Design, 2013, 34(9): 3322-3325.
- [20] 李晓军, 吴金辉, 吴啸, 等. 基于 Android 的移动监察 GIS 平台研发与分析[J]. 测绘通报, 2012(S): 637-639.
- Li X J, Wu J H, Wu X, et al. Development and analysis of mobile monitoring GIS platform based on Android[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2012(S): 637-639.
- [21] 王兴勋, 杨柳, 马梓翔. 基于天地图安卓 API 的野外数据采集移动端平台[J]. 河南科学, 2016, 34(3): 388-392.
- Wang X X, Yang L, Ma Z X. Field data acquisition mobile platform based on the map world Android API[J]. Henan Science, 2016, 34(3): 388-392.
- [22] 艾康. 移动定位技术原理[J]. 甘肃科技纵横, 2007(2): 39-40.
- Ai K. Principle of mobile positioning technology[J]. Scientific & Technical Information of Gansu, 2007(2): 39-40.
- [23] 宁津生, 姚宜斌, 张小红. 全球导航卫星系统发展综述[J]. 导航定位学报, 2013, 1(1): 3-8.
- Ning J S, Yao Y B, Zhang X H. Review of development of global satellite navigation system[J]. Journal of Navigation and Positioning, 2013, 1(1): 3-8.
- [24] 李德仁. 论 RS、GPS 与 GIS 集成的定义、理论与关键技术[J]. 遥感学报, 1997, 1(1): 64-68.
- Li D R. On definition theory and key technics of the integration of GPS, RS and GIS[J]. Journal of Remote Sensing, 1997, 1(1): 64-68.
- [25] 韩善锋, 张宁, 刘潇, 等. 基于 ArcGIS Runtime SDK 平台的手机地图应用开发[J]. 物探装备, 2020, 30(5): 289-291, 297.
- Han S F, Zhang N, Liu X. et al Mobile map application development based on ArcGIS Runtime SDK platform[J]. EGP, 2020, 30(5): 289-291, 297.
- [26] 任思思, 张禹, 郑磊, 等. 基于 ArcGIS Runtime SDK for Android 离线编辑关键技术应用研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2017, 40(7): 123-125.
- Ren S S, Zhang Y, Zheng L, et al. The key technology research of

- offline editing based on ArcGIS Runtime SDK for Android[J]. Geomatics and Spatial Information Technology, 2017, 40(7): 123-125.
- [27] 孔凡随, 邹学忠. 移动 GIS 关键技术及其应用[J]. 现代测绘, 2005, 28(3): 44-46.
- Kong F S, Zou X Z. The key technique of moving GIS and application[J]. Modern Surveying and Mapping, 2005, 28(3): 44-46.
- [28] 许颖, 魏峰远. 移动 GIS 关键技术及开发模式探讨[J]. 测绘与空间地理信息, 2008, 31(4): 45-47.
- Xu Y, Wei F Y. Discussion on key technologies and developing mode of mobile GIS[J]. Geomatics and Spatial Information Technology, 2008, 31(4): 45-47.
- [29] 潘伟锋. 基于移动 GIS 的外业采集系统研究与实现[J]. 华北自然资源, 2019(4): 66-68.
- Pan W F. Research and implementation of field acquisition system based on mobile GIS[J]. Huabei Natural Resources, 2019(4): 66-68.
- [30] 龚健雅. 空间数据库管理系统的概念与发展趋势[J]. 测绘科学, 2001, 26(3): 4-9.
- Gong J Y. Concept and development trend of spatial database management system[J]. Science of Surveying and Mapping, 2001, 26(3): 4-9.
- [31] 余秋实, 邵燕林. 空间数据库的回归与发展趋势[J]. 地理空间信息, 2021, 19(11): 31-33.
- Yu Q S, Shao Y L. Regression and development trend of spatial database[J]. Geospatial Information, 2021, 19(11): 31-33.
- [32] 王京谦, 万莅新. 开源嵌入式数据库 BerkeleyDB 和 SQLite 的比较[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2005(2): 4.
- Wang J Q, Wan L X. Comparison of open source embedded database BerkeleyDB and SQLite[J]. SCM and Embedded System Application, 2005(2): 4.

Design and implementation of a geochemical field sampling system based on mobile GIS

ZHOU Yi-Ning^{1,2}, GAO Yan-Fang^{1,2}, CHANG Chan^{1,2}, ZHANG Bi-Min^{1,2}

(1. Key Laboratory of Geochemical Exploration, Ministry of Natural Resources, Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, China; 2. International Centre on Global-Scale Geochemistry, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, Langfang 065000, China)

Abstract: Cumbersome acquisition tools and laborious indoor data processing are bound to impair the quality and accuracy of conventional field geochemical surveys, especially in study areas with many samples and a harsh natural environment. The informatization and intelligence of field geochemical surveys are the requirements of the times and an inevitable trend for the advancement of methods and technologies. Based on the ArcGIS and Android platforms, this study developed a geochemical field sampling system, which comprises task planning, field data collecting, quality control, and other functions, to match the field geochemical survey process using mobile GIS and database technologies. This system enables the informatization and intelligence of the entire field geochemical survey process, simplifying the data collection procedure, reducing the time needed for fieldwork, and enhancing the data collection efficiency. Therefore, this system improves the quality and accuracy of field survey information, advancing the digitization of field geochemical surveys.

Key words: mobile GIS; field geochemical survey; informatization; integration of indoor data processing and field data collection

(本文编辑:蒋实)