doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.02.033

基于移动平板的土壤侵蚀调查系统实现

顾　芳[1]，张思聪[1]
（1. 新疆维吾尔自治区测绘科学研究院，新疆 乌鲁木齐 830002）

摘　要：从水土保持工作需求出发，立足现有技术、设备情况，提出了内外业一体化的生产模式。通过调用移动平板内置的GPS、陀螺仪、电子罗盘、照相机等硬件，实现外业调查数据获取的集成化。通过桌面端处理软件，实现调查数据内业处理和成果输出的自动化、批量化，形成了从数据准备、外业调查、内业处理到成果输出一体化、无缝衔接的业务流程。在提升水土保持工作的信息化水平的同时，有效提高工作效率，为今后水土保持工作开展提供具有实际应用价值的解决方案和坚实的技术支撑。

关键词：水土保持；移动平板；一体化生产
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）02-0153-05

Soil Erosion Investigation System Implementation Based on Mobile Tablet PC

GU Fang[1], ZHANG Sicong[1]
(1. Xinjiang Academy of Surveying & Mapping, Urumqi 830002, China)

Abstract: Based on the requirements of soil and water conservation work, and the existing technology and equipment, we put forward a production model of indoor and field inspection integration. We integrated the field survey data acquisition by GPS, gyroscope, electronic compass, camera and other hardware of mobile tablet PC. Through desktop processing software, we realized the automation and quantification of internal processing and output of survey data, formed a seamless business process from data preparation, field investigation, internal processing to output. In addition to improving the information level of soil and water conservation work, the work efficiency can be effectively improved, which can provide practical solutions and solid technical support for soil and water conservation work in the future.

Key words: soil and water conservation, mobile tablet PC, integrated production

党的十八大以来，我国围绕生态文明建设提出了一系列新理念新战略，生态文明理念日益深入人心，保护水土资源，维护良好的生态环境，为实现生态文明建设提供有力支撑。水土保持行业认真贯彻落实生态文明建设总基调，积极转变工作思路，充分利用先进的信息技术手段，提升工作能力和水平，推动卫星遥感、全球定位等技术在水土保持行业推广应用，加快信息资源整合共享，创新管理模式[1-3]。

本文以Android移动平板为载体，分析水土保持工作中土壤侵蚀调查的业务流程，针对传统作业方式中存在的局限和难点，充分利用卫星遥感、全球定位、信息技术等手段，提出基于移动平板硬件设备的调查数据采集集成化，内业数据处理的自动化和批量化，从而实现了基于移动平板的内外业一体化作业模式。促进信息化和水土保持工作深度融合，实现从传统纸质作业到数字化作业、从内外业分离到内外业无缝集成的作业方式转变，规范了作业流程、提升了作业精度、提高了工作效率，为水土保持工作开展提供了坚实的技术支撑，推动水土保持管理的信息化建设[4-6]。

1　系统设计

1.1　建设目标

充分利用移动GIS、GPS和RS技术，建立一种新的土壤侵蚀外业数据采集模式，实现外业数据采集的电子化、信息化，内业成果整理自动化、批量化。系统实现包括空间定位、地图浏览、编辑、图像、姿态、方位等信息自动获取、输入输出以及数据处理等一系列功能，提升土壤侵蚀调查数据获取与处理的能力，为水土资源调查提供坚实的技术保障。

1.2　系统架构

系统采用框架开发模式，由标准规范层、数据支撑层、基础框架层、功能应用层共同构成，除基本功能框架外，各层之间没有直接耦合，模块间采用通用接口进行连接，确保各模块相互独立、互不影响，保

收稿日期：2021-03-17。
项目来源：国家重点研发计划资助项目（2016YFC0803109）。

障了系统的高度稳定和实用性，便于维护和优化[7]。系统总体架构如图1所示。

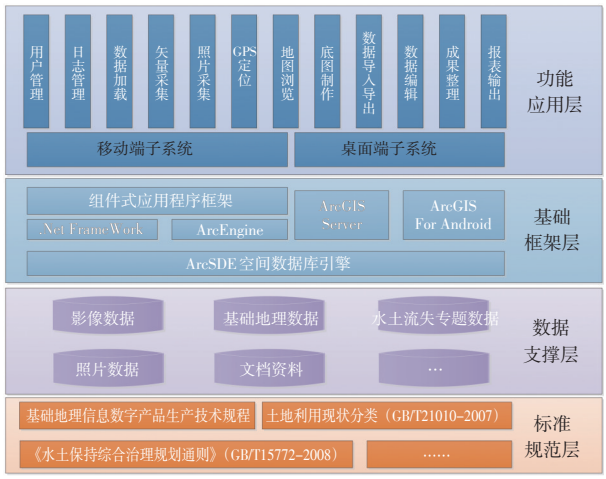


图1 系统总体架构

1）标准规范层：系统建设严格遵循行业相关的数据规范、设计标准、操作规程等，并根据建设内容形成相应的数据资源建设和符号化表达规范要求。

2）数据支撑层：作为系统运行的基础支持，包含底图数据卫星影像、土壤侵蚀调查数据、基础地理数据、照片数据、文档资料等数据。

3）基础框架层：包含高度集成化的应用开发平台和中间件产品，通过.NetFrameWork、ArcGIS、Android API和ArcGIS For Android等提供统一的技术支撑。

4）功能应用层：功能应用层包括桌面端数据处理子系统和移动端外业调查子系统。

1.3 移动端系统功能设计

移动端外业调查系统主要用于核查内业采集的土地利用信息、调查土壤侵蚀风蚀和水蚀影响因子，以及采集照片，并适应各类外业作业环境下外业调查、样本信息采集等工作需求。设计了数据加载以及地图缩放、平移、量算、图层控制等基本的地图操作功能；土地利用信息、土壤侵蚀的影响因子调查功能；点线面要素的新增、删除、修改和属性编辑功能；实现导航定位、轨迹记录、照片采集等功能，在采集实地自然景观照片时存储拍摄姿态和当前地理信息位置[9-10]（图2）。

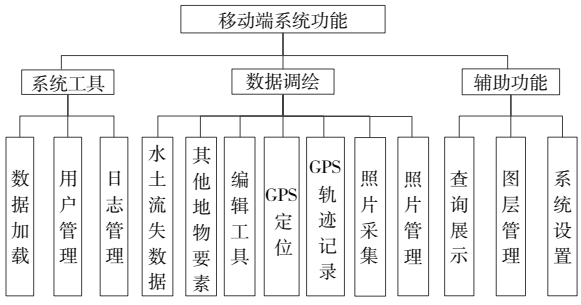


图2 移动端系统功能

1.4 桌面端系统功能设计

桌面端数据处理系统主要用于内业数据处理，为数据处理提供编辑功能，包括外业调查工作底图制作；与移动设备进行交互的调绘数据导入导出功能；数据编辑功能。根据相关技术要求，对调绘数据进行空间逻辑关系处理、属性与空间实体关联处理、多媒体数据处理等；风力侵蚀、水力侵蚀调查报表的输出；制图输出功能（图3）。

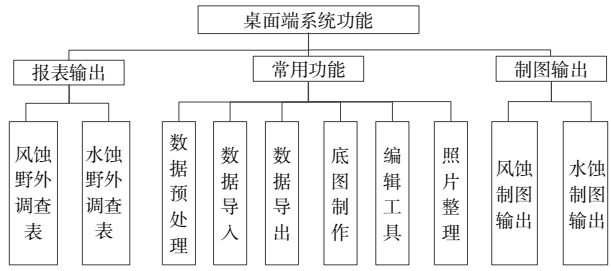


图3 桌面端系统功能

2 关键技术

2.1 移动设备集成化作业

传统作业方式下作业人员需要携带手持GPS进行定位，数码相机进行地块采样拍照，此外还需要通过描述信息对调查点的地理坐标和地块周围环境信息进行记录，并将上述信息进行属性信息挂接，操作繁杂。通过采用移动平板设备，充分调用平板内置的GPS、陀螺仪、电子罗盘、照相机等硬件，对平台软件进行定制化研发，最终实现软硬件的集成化作业。

基于ArcGIS API的GPS定位实现程序中通过实现LocationDisplay类，管理当前位置在地图中的展示，包括当前位置信息、符号，以及随地图操作等进行自动变化。调用LocationDisplay.getMapLocation接口即可获得当前地图位置，将获取到的位置信息投影定位到地图坐标系，以实现外业调绘人员实时位置信息的展示。

基于Android Service后台服务的GPS轨迹记录研发时使用BroadcastReceiver接口接收系统GPS模块的广播信息，在onReceiver方法中通过调用startForegroundService，以Android Service的方式实现后台服务。

实时获取相机姿态的照片采集在研发中，通过构建继承至Surface View视图的自定义CameraView类，实现自定义相机。在相机工作时，实时监听SensorEventListener获取拍照时的相机姿态；同时，通过使用LocationDisplay类监听GPS，获取当前定位点的经纬

度信息。

系统提供了一套高度集成的外业调查方案，有效避免了调查人员在不同硬件、不同软件之间频繁切换，为外业调查工作的开展提供了完备的技术平台，解决了传统外业调查成本高的难题，实现了外业数据采集的电子化、信息化。

2.2　数据处理自动化

1）基于模板的数据切片。为方便操作，将数据切片功能集成到内业端的软件系统中，通过建立模板文件，将需要进行数据切片的图层、不同图层的符号系统进行配置保存，在进行数据切片时，软件会根据模板文件自动添加切片所需的矢量数据和影像数据，并自动配置符号，根据数据的投影信息、切片比例尺范围、切片范围等参数，进行数据切片的批量处理，减少人工干预，提高切片效率，为底图数据生产提供了高效服务。

2）报表自动化输出。利用外业调绘的矢量数据进行内业数据编辑，通过自动构面、调查单元自动编号、地块高程值获取、外业照片自动整理、重叠检查等功能，在外业数据批量化处理的基础上提升了自动化程度，减少用户操作频率，实现外业调查成果表格、制图数据以及成果图最大程度的自动化、批量化，实现了内业处理与外业移动调绘设备间的互联互通、处理流程的集成化、批量化处理。

3　系统实现

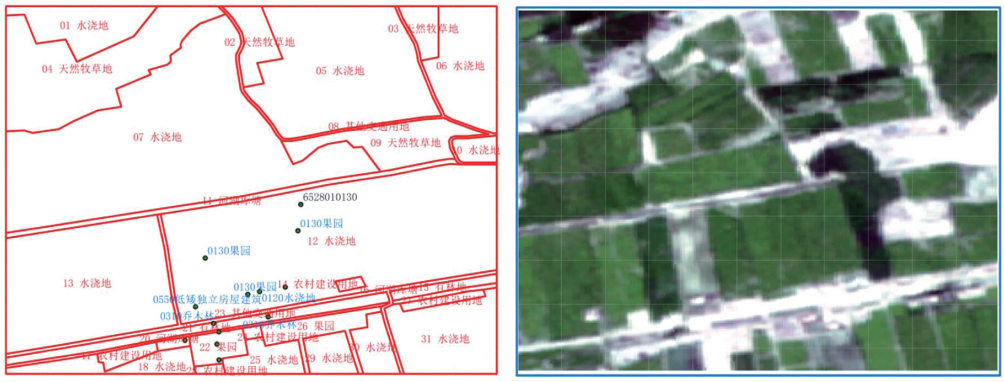
3.1　系统应用

1）效率对比。传统野外调查工作主要包括实地到野外调查单元勾绘调查图，填写水蚀、风蚀野外调查表，拍摄景观照片，室内清绘调查成果草图，将填写的野外调查表录入计算机中，将拍摄的景观照片导入计算机等内容，而本系统采用GIS、GPS、数据库等技术方法，为复杂繁琐的野外调查、内业处理工作提供了方便、高效的解决方案，处理同一个调查单元数据所用的时间由66 min左右压缩到15 min左右，用时仅为传统方式的1/4，工作效率提升了77%，与传统的调查方式相比可解决难以快速推出成果的技术缺陷，集成化的作业方式极大的提高了生产作业的效率和能力，降低了生产作业的劳动强度，具体工作效率情况如表1所示。

表1　工作效率情况

处理内容	传统方法	内外业一体化方法
外业设备	每个调查组需携带相机、手持GPS、调查底图、夹板等用品，重量约为1.5 kg。	每个小组携带1个重量约为0.5 kg的外业平板设备。
调查图勾绘	在调查底图上现场勾绘，调查单元内，地块越复杂，勾绘所需的时间越长，一般用时为5 ~ 10 min。	调查单元地块信息已存储在数据库中，现场核对如有差异可直接修改，用时一般为3 ~ 5 min。
野外调查表填写	根据水蚀、风蚀调查表及填写说明进行填写，一般10 ~ 15 min可完成。	调查表中所需的行政区划、土地利用、生物措施、工程措施、耕作措施等信息存储在数据字典中，直接点击选择即可；地理位置信息通过定位信息直接获取，3 ~ 5 min即可完成表格填写。
拍摄景观照片	根据要求获取调查单元中心位置、地块全貌、远景照、近景照，拍摄完成后将照片编号和位置信息标注在调查底图中，一般8 ~ 10 min可完成。	根据要求获取调查单元中心位置、地块全貌、远景照、近景照，拍照时平板自动获取当前位置、拍摄角度等信息，拍摄完成后存储在以当前地块编号命名的文件夹中，一般5 min即可完成。
清绘调查成果草图	每天结束调查后，回到室内，将清绘调查成果草图，一般5 ~ 10 min可完成一个调查单元。	无需开展此项工作。
录入野外调查表	将外业填写的外业调查表准确录入到Excel中，一般5 ~ 10 min可完成一个调查单元。	无需开展此项工作。
GPS数据录入	将外业记录的GPS点位信息与地块信息进行匹配处理，一般3 ~ 5 min可完成一个调查单元。	无需开展此项工作。
数字化野外调查成果清绘图	利用内业软件，对调查成果清绘图进行数字化，一般15 ~ 20 min可完成一个调查单元。	无需开展此项工作。
建立地块属性表	利用内业软件，完成地块属性表编辑，一般15 ~ 20 min可完成一个调查单元。	无需开展此项工作。

2）应用情况。经过为期10 d的外业调查，对塔里木河流域风蚀和水蚀野外调查单元的地表粗糙度、地表覆盖、生物措施等情况进行实地调查。完成了51个风蚀调查单元，296个点位，采集到534张风蚀照片；



a 地块信息



b 地块景观照片

2018 年

1.行政区：1.1 名称：新疆维吾尔自治区省（自治区、直辖市）巴音郭楞蒙古自治州地区（市、州、盟）库尔勒市县（区、市、旗）…1.2 代码：652801。

2.野外调查单元基本信息：2.1 编号 6528010130…2.2 位置描述…2.3 经度 XX°XX′XXX″…2.4 纬度 XX°XX′XXX″。

3. 地块编号	4. 地表覆盖		5. 生物措施				6. 工程措施				7. 耕作措施		8. 备注
	4.1 类型	4.2 代码	5.1 类型	5.2 代码	5.3（%）		6.1 类型	6.2 代码	6.3 完成时间	6.4 质量	7.1 类型	7.2 代码	
					郁闭度	盖度							
01	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
02	天然牧草地	41	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
03	天然牧草地	41	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
04	天然牧草地	41	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
05	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
06	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
07	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
08	其他交通用地	62	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
09	天然牧草地	41	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
10	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
11	河湖库塘	71	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	沟渠，6528010130-11-1
12	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	玉米，6528010130-12-1
13	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
14	农村建设用地	52	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
15	有林地	31	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	其他林地，6528010130-15-1
16	河湖库塘	71	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	沟渠，6528010130-16-1
17	农村建设用地	52	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
18	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
19	有林地	31	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	其他林地，6528010130-19-1
20	河湖库塘	71	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	沟渠，6528010130-20-1
21	有林地	31	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	其他林地，6528010130-21-1
22	果园	21	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	核桃树，6528010130-22-1
23	其他交通用地	62	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
24	农村建设用地	52	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	6528010130-24-1，6528010130-24-2
25	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
26	果园	21	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
27	农村建设用地	52	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
28	农村建设用地	52	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
29	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
30	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	
31	水浇地	12	无	0	无	无	无	0	无	无	无	0	

c 外调信息表

图4 调查成果

45个水蚀调查单元，215个点位，333张水蚀照片。以下为经过内业处理后形成的调查成果，如图4a为经过处理后的地块编号及地块属性信息；图4b为根据外业拍摄地块照片，自动整理的景观信息情况；图4c为根据外业调绘形成的调查表信息。

根据内业系统批量自动化处理，生产了符合水土保持行业标准规范要求的成果，矢量图斑、调查采集的图像信息、调查表格等内容齐全，且数据按照地块进行关联存储，便于管理和使用，与传统的作业方式相比更利于作业资料的归档、保存和存储。

通过实际应用发现，本软件能够满足野外作业环境下水土流失监测信息调查、样本采集时精确、高效、易操作的工作的要求，实现了内外业一体化作业，为管理工作提供标准统一、内容全面的成果数据，能够满足水土保持工作需要。

3.2　实现效果

集成数据切片及配图模板，为内业数据预处理提供了便捷的底图数据服务，实现了底图数据的批量处理。其生产模式如图3所示。

1）外业调查系统为用户提供了简单、易操作的良好用户体验，外业调查人员可根据统一的标准要求完成外业调查，提升了外业调查工作的效率和质量。

2）内业处理系统聚焦水土保持业务主体，重点突出与外业调绘设备的交互与联动，制作出的风蚀和水蚀调查成果符合水土保持行业成果规范要求，可直接服务于水土保持评价模型构建。

3）科学规范了水土流失外业调查“由内业到外业再到内业”的作业流程与一体化生产作业模式，辅助提高水土保持模型构建与评价研究的精度。

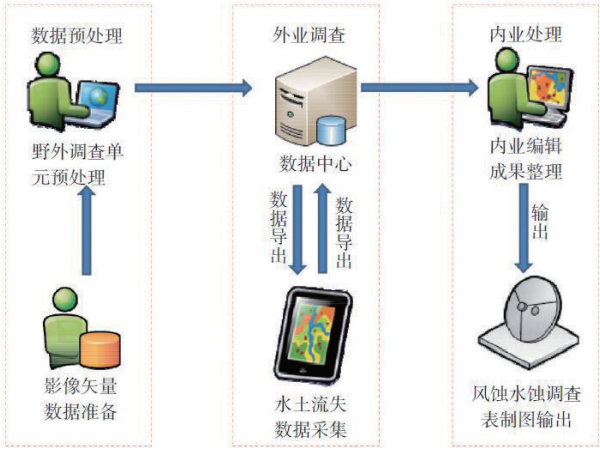


图5　内外业一体化生产模式

4　结　语

系统设计实现了“内业采集–外业调查–内业整理”的智能化流水线作业，打破了水利行业传统纸质调绘方式的水土流失外业调查模式。集成了测绘行业内业数据自动化处理技术，并将该技术利用于水利行业，建立了基于移动平板的水土流失外业调查数字化作业模式，通过研发与之配套的内业数据处理系统，全面提升水土流失变化监测数据获取与处理一体化技术能力，实现了水土流失内业数据处理流程化、自动化、智能化，提高水土流失外业信息调查采集和核查的效率与准确性，发挥了信息技术在水土保持行业中的优势作用。

参考文献

[1]　冯阳,夏照华,晏清洪,等. 移动外业调绘系统在全国水土流失动态监测与公告中的应用[J]. 科技创新与应用,2017(19):153-154

[2]　陈斌,李俊,高智,等. 3S技术在水土流失动态监测野外核查中的应用研究[J]. 中国水土保持, 2018(1):62-64

[3]　曾麦脉,余顺超,唐庆忠. 水蚀外业调查系统方案研究[J]. 人民黄河,2014,36(1):82-84+94

[4]　尹华锋. 生产建设项目水土保持天地一体化监管研究[D]. 杭州:浙江大学,2018

[5]　徐坚,钟秀娟,王崇任,等. 生产建设项目水土保持“天地一体化”监管模式研究[J].中国水利,2019(20):48-50

[6]　亢庆,姜德文,赵院,等. 生产建设项目水土保持“天地一体化”动态监管关键技术体系[J]. 中国水土保持,2016(11):4-9

[7]　卢敬德,伍容容,罗志东,等. 生产建设项目动态监管信息移动采集和管理技术与应用[J]. 中国水土保持,2016(11):32-35

[8]　朱煜,吴保国. 基于Android的小班外业调查系统研建[J]. 东北林业大学学报, 2014,42(8):133-137

[9]　陈轮. 基于平板电脑的测绘成果外业巡检系统研究与实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(3):193-195

[10]　文雄飞,曾红娟,张穗. 水土流失动态监测野外调查移动平台设计[J].人民长江, 2017, 48(12):34-36

第一作者简介：顾芳（1988—），工程师，主要从事测绘地理信息系统相关技术与应用。