引文格式：李启亮, 孙永彬, 王诜, 等. 区域性地质灾害精细化调查关键技术智能化改进[J]. 地理空间信息, 2023, 21(4): 16-18. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.04.004

区域性地质灾害精细化调查关键技术智能化改进

李启亮[1,3]，孙永彬[1,2,3]，王　诜[1,3]，李存金[1,3]，牛海威[1,3]
（1. 核工业航测遥感中心，河北 石家庄 050002；2. 河北省航空探测与遥感技术重点实验室，河北 石家庄 050002；
3. 高分辨率对地观测系统河北数据应用技术支持中心，河北 石家庄 050002）

摘　要：在传统地质灾害精细化调查手段基础上，充分利用数据库自建系统、智能化成果资料形成技术手段，开展了灾害调查关键技术智能化改进研究，从而进一步优化了野外数据采集、成果资料形成等关键步骤，并开展了效率对比分析。研究结果表明采用数据库自建系统提高了工作效率和数据精度，实现了地质灾害精细化调查关键技术的优化与改进。

关键词：地质灾害；精细化调查；数据库自建系统；智能化改进技术
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）04-0016-03

Intelligent Improvement of Regional Geological Hazard Refinement Survey Key Technologies

LI Qiliang[1,3], SUN Yongbin[1,2,3], WANG Shen[1,3], LI Cunjin[1,3], NIU Haiwei[1,3]
(1. Airborne Survey and Remote Sensing Center of Nuclear Industry, Shijiazhuang 050002, China;
2. Key Laboratory of Airborne Survey and Remote Sensing, Shijiazhuang 050002, China;
3. High-resolution Earth Observation System Data Application Technical Support Center of Hebei Province, Shijiazhuang 050002, China)

Abstract: In this paper, on the basis of traditional geological disaster refinement survey means, we made full use of the database self-construction system and intelligent results data formation technology to carry out the research on the intelligent improvement of disaster survey key technologies, so as to further optimize the key steps of field data collection and result data formation, and transform the results into application. The study resultshows that the database self-construction system can improve the accuracy and efficiency ofwork, which realizes the optimization and improvement of geological disaster refinement survey key technologies.

Key words: geological hazards, refinement survey, database self-constructionsystem, intelligent improvement technology

地质灾害精细化调查旨在查明重点区域的孕灾地质背景及地质灾害危险性、风险性等状况，为地区地质灾害防治、国土空间规划制定提供基础依据[1-3]。通常依托收集的基础地质资料，在野外调查阶段时运用奥维互动地球软件、测距仪和三维地质罗盘等数字化技术采集地层产状，岩石岩性，坡体空间特征等基础地质信息并填写野外调查表格，摸清地质灾害风险隐患的“底数”[4]。现场调查结束后，根据收集的数据资料进行地质灾害风险评估与区划，编制地质灾害分布图、工程地质剖面图等各类成果图件，为地区制定地质灾害防治方案提供重要参考。

在地灾调查等多样化制图需求中，MapGIS制图效率不高，使得批量制图工作出现困难。因此，以提高地质灾害精细化调查关键技术环节效率、精度为出发点，采用已有的数据库自建系统个各类智能化技术手段，解决传统调查与成果形成的技术手段带来的弊端，提供一套全新、全流程灾害调查思路，节省了大量的人力、物力、财力，更好地服务于地质灾害精细化调查研究。

1　野外调查阶段

根据调研，功能完善，易于使用且可定制的数据库系统（Memento Database）[6]能够实现智能化野外调查的需求。根据该系统的功能特点制定以下几个系统定制要求（如图1）。

1）根据不同的调查类型制定合适的调查字段。可应用的字段类型有文本型、整数型、浮点型、布尔型、日期、时间、照片、单选、多选、音频、富文本编辑器、JavaScript脚本等。

2）对调查字段内容进行条件限制，以提高字段填写的准确性，降低填写出错率。如地理位置为必填

收稿日期：2021-12-19；修回日期：2022-01-03。
项目来源：北京市山区道路沿线崩塌、滑坡灾害隐患精细调查与评价项目（1941STC61121/04）。
第一作者简介：李启亮（1993—），硕士，工程师，从事地质灾害调查、遥感地质等工作，E-mail：leaqiliang@163.com。

项、野外编号需设置输入长度为10个字符，坡度需限制为≥0°且≤90°、地层倾向需限制为≥0°且≤360°、崩塌类型需在多选列表中点选等等。

3）限制字段的依赖关系，使调查系统更加智能化。如选择岩质斜坡或土石混合斜坡后出现岩性和岩体结构等调查内容，选择土质斜坡或土石混合斜坡后出现土体名称和颗粒级配等调查内容；坡面风化程度为微风化及以上时，出现风化层厚度调查内容，非依赖关系的调查内容将不显示。

4）使用字段计算器以实现较为复杂但更为便捷的功能。如当填写完成坡体长宽厚之后，自动计算出体积，当体积计算好后，自动填写崩塌规模；或者当泥石流各项参数均填好后，自动计算该泥石流的风险性等级。

系统定制完成后，野外调查人员可根据实际情况即时更改不合理设置，这样就可以使调查内容灵活的掌握在调查人员手中。需统一调查情况时，可导出所有数据至表格，或直接在该系统的电脑端进行进度检查、数据统计和图表分析。



图1　使用Memento Database完成的某个调查案例

2　成果形成阶段

2.1　地质灾害分布图绘制

地质灾害平面图表现的是该地灾隐患点的位置，分布范围，各要素之间的空间关系，崩塌的方向、滑坡的滑动方向或泥石流的流通方向，滑坡体和滑坡后壁的空间位置以及潜在威胁对象等。

首先在ArcGIS平台中，添加地质灾害隐患点边界范围要素并符号化，并添加图例、指北针和比例尺等地图要素，叠加高分遥感影像或地形线、地质界线及村庄等背景要素，设计好出图模板；然后再根据野外调查情况准确勾绘每一个地灾隐患点的实体边界，并区分崩塌的危岩区和堆积区，滑坡的滑坡边界和滑坡前缘，泥石流的物源区、流通区和堆积区。绘制完成后为每个要素类添加一个独一无二的属性字段，如野外编号，并在定义查询中使用查询构建器功能，限制图面显示仅为当前地灾隐患点的内容，以达到遮盖其他地灾点内容从而突出该地灾隐患点的效果。

若需统一修改所有图件，先统一修改地灾隐患点要素类，然后利用Python语言引入os.walk()方法，设置通配器为“.mxd”，引入Arcpy站点包中Mapping对象的ExportToJPEG()方法，通过遍历目录下所有工程文件，以达到批量导出平面图的目的。

2.2　工程地质剖面图绘制

工程地质剖面图表现为：在实测剖面方向上，地质灾害隐患所处孕灾地质背景条件特征、地质灾害要素特征等信息。智能化绘制工程地质剖面图技术如下：

用ArcGIS平台，采用要素类模块设计好图名、常用图例、坡向、危岩带范围、横纵坐标轴等基本的剖面图要素，采用m作为工程地质底图统一单位。智能化制图最重要的环节为如何设计好横纵坐标刻度值，可最大程度节约制图时间。本文采用点要素进行刻度表达，并采用小短线字符进行符号化，利用Maplex标注引擎，将横轴刻度标注设置为水平，且标注位于点南侧，标注偏移中首选偏移设置值为5磅，同样手段设置纵轴刻度。按照该技术执行后，横纵坐标轴刻度将以1 m的间距进行显示，此时设置定义查询为“mod（标注，5）=0 and 标注 <= 30”来控制显示内容，设置后刻度将以5 m的间隔进行显示，且最大刻度为30 m。

基本剖面图要素设计好后，只需将野外简单绘制的剖面图草图导入到软件中，使用地理配准将图片配准到设置好的坐标轴中，按手绘的剖面图进行坡面的

矢量化。而最重要的地层岩性花纹绘制过程，使用的是ArcGIS平台中提供的制图表达来实现。制图表达使用一组与数据一起存储于地理数据库中的规则来符号化地理要素的要素类。制图表达规则可以创建和绘制不同于要素形状的动态几何，以允许在不影响数据空间完整性的情况下对要素进行综合说明。制图表达可以更好地控制数据精度和符号化定义。

在使用制图表达之前可先对地层面要素进行符号化，按照《区域地质图图例》[7]规范中的线宽和点径标准分别设置线填充符号和点填充符号，并进行叠加显示。符号化后即可将该符号转换为制图表达，并使用制图表达中的旋转工具将地层旋转至视倾角方向。

制作好一个剖面图后，其余的剖面图制作工作量仅为坡面绘制和符号填充，大大节省了工作量。

2.3 赤平投影图绘制

赤平投影是把物体三维空间的几何要素反映在投影平面的研究方法，广泛应用于地质科学中，能够解决地质构造的几何形态和应力分析等[8]。由王军怀利用Excel制作的赤平投影制作方法简单易用，但一次只能制作一个图。若要实现所有调查点的赤平投影图全部输出，首先需要将每个调查点的地层产状和和节理裂隙等各结构面整理出来，使用Excel Visual Basic中for循环迭代每个调查点，将该点的各个制图数据依次放置到赤平投影软件中，最后使用调用Sheets对象的PrintOut方法，将赤平投影图所在页面添加至pdf文件中。

2.4 成果图件绘制

不同的地灾调查项目要求的成果图件不同，但大致都包含实际材料图，危险性分段分区图，防治区划图等。制作这类图件时，首先需要给每类图件制作工程模板，将全部数据按图层先后顺序放置并符号化，为批量成图提供基础，然后需要手动制作横版和竖版图幅框。涉及到数据按每个图幅出图就需要全面引入ArcGIS中的ArcPy站点包。

为变量赋值图幅框名称的字符串列表，以for循环迭代该变量，迭代过程中首先提取第 i 个图幅框的四至，按该四至或提取或裁剪要素，并将提取或裁剪的要素放入该图幅框的文件夹中，形成该图幅框独立的数据源。使用Layer对象的replaceDataSource方法将工程中图层的数据源更换为单个图幅框的独立数据源，然后按四至调整并缩放数据框的范围，同时更改工程中文本元素（TEXT_ELEMENT）和图片元素（PICTURE_ELEMENT）的位置和内容，如标题、标记和鹰眼图等，最后即可保存图片和工程文件。

3 效率对比分析

综合野外调查经验，通过野外记录簿和手填调查表格的传统方法，平均每天可调查5个地灾隐患点，电子化数据采集系统平均每天可准确调查完成15个地灾隐患点，野外工作效率提升了3倍；地质灾害分布图、工程地质剖面图平均每天可绘制10张，通过智能化技术手段，平均每天绘制40~50张；赤平投影图传统方法效率也很快，但新技术生成同等数量的图件可能在分钟级别。同样，采用智能化成果图制作技术，可解决后期因多次修改、完善图幅内容所带来的巨大工作难度，减轻传统人工成果资料形成压力，提升工作效率和精度。

结合野外调查和成果形成两个阶段的内容，整体工作效率将提升至少3倍以上。

4 结 语

利用可定制的数据库系统Memento Database，通过电子化智能化手段进行野外调查，减轻了野外工作人员的负担，极大的提升了工作效率并保证了数据的准确性。结合ArcPy、制图表达和VBA等技术，扫清了成果形成阶段的技术障碍，形成了循环制图的能力，为区域性地质灾害精细化调查项目中几个关键步骤提供了智能化的新技术支撑，以可靠性、高效性和实用性的技术优势进一步推进地质灾害精细化调查领域的发展。

参考文献

[1] 迟瑶.遥感技术在库车市地质灾害精细化调查中的应用[J].中国金属通报,2021,28(5):2

[2] 王帅. 山区城镇地质灾害精细化风险评价技术与方法研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2018

[3] 宾岚. 地质灾害防治形势与防灾减灾策略思考[J]. 科学技术创新,2017(25):2

[4] 姚春梅,魏嘉,张晔,等. 山东省山丘区地质灾害发育现状与防治[J]. 中国人口·资源与环境,2016(增刊):4

[5] 中华人民共和国国土资源部. 滑坡崩塌泥石流灾害调查规范:DZ/T 0261-2014(1∶50 000)[S].

[6] Memento D B Inc. Memento Database[EB/OL]. (2021-10-22)[2021-12-28].https://www.mementodatabase.com

[7] 中国国家标准化管理委员会. 区域地质图图例:GB/T 958-2015[S].

[8] 唐正辉,戴塔根. 赤平投影图的数学解析[J]. 中国煤田地质,2003,15(6):4