

文章编号:1001-4810(2009)03-0269-06

GIS技术在1:5万岩溶水文地质综合 调查野外工作中的应用 ——以湖南新田河流域为例

周立新^{1,2}, 时坚²

(1. 中国地质大学信息工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004)

摘要:通常GIS技术应用到野外水文地质调查工作时需要花费大量时间准备数据,导致其不能及时参与到野外工作中。为了使GIS技术及时在1:5万岩溶水文地质综合调查野外工作中发挥作用,笔者以湖南新田河调查为例,在MapGIS系统中根据原始资料复杂程度的不同对数据进行处理和配准,及时制作了信息丰富的野外工作用图,建立了工作区专业数据和数据录入、分析平台,在野外调查工作开展时及时录入数据并加以分析,及时修订地质边界,检查野外定点准确度,发现调查区遗漏点,优化取样点及线路等,提高了工作效率和准确度。

关键词:岩溶地质调查野外工作;GIS技术;图形配准

中图分类号:P641.7 **文献标识码:**A

0 前言

地理信息系统(GIS)技术作为地学领域的一项重要应用型新技术,在地球科学研究和实践的过程中起到很好的作用^[1,2]。在国土资源大调查项目中,调查工作和成果的信息化、数字化以及GIS技术的应用是地质调查工作的重要组成部分。中国地质调查局开发的数字区域地质调查系统(RGMAP)整合了多源地学信息的“3S”技术的应用成果,基本实现了地质调查“主流程”的信息化,缩短了填图周期,提高了成果图件的利用率与表现力^[3,4],RGMAP系统在福建、湖北、广西、黑龙江等省区的部分区域地质调查中得到应用^[5,6]。但在RGMAP系统的应用中,需要对工作区的地形图、地质图等专业图件进行数字化和数据处理,才能在野外开展下一步的工作,这对系统的应用推广形成了一定阻碍。

过去GIS软件在岩溶水文地质调查项目中的应用都是等到野外工作结束后,才用它来进行专题图件

制作、专业分析、统计等^[7-9],因而使得GIS技术不能及时地参与、指导野外工作,造成室内工作与野外工作不衔接,同时也增加了数据在后期录入出错的几率,影响到数据分析甚至是成果的准确性。此外由于全国1:5万数字地形图、1:25万和1:20万地质图数据库还在建设中,岩溶水文地质调查工作区的数字地形图、地质图等图件需要项目组自行完成,而图件的数字化工作需要投入大量的人力和时间,不利于野外地质工作的迅速开展。为了充分发挥信息化工作在岩溶地下水和环境地质调查野外工作中作用,笔者在参加湖南新田河流域1:5万水文地质综合调查野外工作时,利用GIS技术有针对性地对原始资料进行快速处理,为野外工作及时提供有关图件和数字化数据,有力地促进了野外地质调查工作的开展。

1 工作区概况

新田河流域位于湖南省南部,总面积1 002 km²,

基金项目:岩溶地质研究所所控项目(200705)、中国地质调查局地质调查项目(200310400043)资助

第一作者简介:周立新(1971-),男,副研究员,1993年毕业于南京大学地球科学系,现工作于中国地质科学院岩溶地质研究所,中国地质大学(武汉)在职博士研究生,研究方向为地图制图学与地理信息系统工程。E-mail: zoulixin@sina.com.

收稿日期:2008-04-22

岩溶区分布面积约766 km²,流域内的地势为北西高、东南低,呈向东开口逐级降低态势。受构造和地层岩性的控制,流域北部为非碳酸盐岩中低山,海拔高程一般为400~880 m,分布面积270 km²,流域西南部为纯碳酸盐岩大面积连续分布区,以溶丘洼地和峰林谷地为特征,分布面积约540 km²,东南部为不纯碳酸盐岩分布区,以岩溶丘陵地貌为特征,分布面积约250 km²。

该区多年平均降雨量为1 425.3 mm,雨量分布特点是北多南少,夏秋多,冬季少,河流以境内的河、溪为主,没有较大的河流。区内水资源较为贫乏,蕴藏量为8.7亿 m³,其中6.62亿 m³属地表径流,干旱缺水主要出现在大冠岭碳酸盐岩裸露区和东南部不纯碳酸盐岩分布区,而岩溶渗漏则是工程性缺水的主要原因^[10]。

湖南新田河流域作为西南岩溶石山地区地下水及环境地质调查计划项目中的岩溶峰林平原重点流域示范区,根据中国地质调查局项目部署要求,开展了1:5万水文地质综合调查野外和室内综合研究工作,在此基础上进行岩溶水开发工程示范和石漠化综合治理示范工作^[11]。

2 工作方法

2.1 前期资料处理与野外用图准备

项目在开展前期收集了部分工作区资料,包括1:20万水文地质图,1:5万地质图、水文地质图、地形图、行政区划图、农业区划图、森林分布图等纸质图件以及部分水利设施的资料数据,并购买了卫星遥感ETM数据。根据资料图件的复杂程度和野外工作需求的紧迫性,将这些资料分类后以不同方法进行处理,内容主要包括以下几个方面:

2.1.1 标准图框的生成与定制

工作区范围在1:5万地形图国家标准分幅中东西横跨2个图幅,南北横跨4个图幅,实际共涉及7个标准图幅,分别为荒唐、泗洲寨、新田县、流峰公社、保安圩、飞仙、冷水铺等,未出现跨带的情况。

利用中地数码公司的MapGIS软件投影变换模块提供的标准图框生成功能,分别生成以上7个图幅的标准图框。以荒唐幅为例,选择生成1:5万图框菜单后在对话框中输入图幅左下角的经纬度值、图幅名称,确定图框模式、公里网间距、椭球参数(图1),特别注意不要选择左下角平移为原点和旋转图框底边水平两个复选框,否则就不能保证7个图幅准确的拼接。这样该7个标准图框就成为所有信息化数据的基

准文件,其它数字化图形(矢量数据)、图像、遥感数据(栅格数据)、都要与它配准后才能使用。

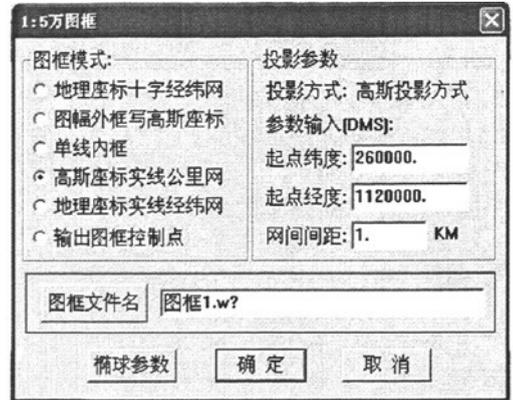


图1 标准分幅图框参数输入框

Fig. 1 Parameter input of standard subdivided map

2.1.2 矢量化数据配准

地质图、水文地质图、行政区划图等图面要素简单的图件可在短时间内完成矢量化工作。在MapGIS软件的输入编辑模块中以扫描的原始数据为底图,利用人机交互式的方式分层采集地质界线、地质构造线、流域边界、水系、泉点、水点、地貌分区界线、乡界线等;再根据其专业特征按图形要素分类,面要素图层需要检查数据的图形拓扑关系、删除面的重叠边界、编辑悬挂节点、重建图形拓扑。线要素需要根据专业属性检查是否存在不合理的地方,例如分析构造线与地质界线空间关系是否合理,地下河路径与地下河天窗、地下河出口关系是否符合实际等。

完成的矢量化数据坐标是用户坐标,因而必须把图件上地理坐标、高斯坐标网格点和空间位置明确的地物点标注好,便于下一步与标准图框配准。在MapGIS软件的误差校正模块中打开专业矢量数据和标准图框图形文件,在标准图框图形文件中采集理论值控制点,在专业矢量图形文件中采集实际值控制点,并浏览控制点文件,分析各控制点的偏差和残差,删除误差较大的控制点,从而得到最佳的误差校正参数。最后对所有专业矢量数据进行误差校正操作,使图形数据与标准图框配准。

2.1.3 地形图图件扫描与栅格数据配准

地形图是在野外调查工作中使用最频繁的图件,如野外调查路线设计,野外地质点、岩溶点、水文点的定位,区域地形、地貌分析等工作都要用到。对数字化工作而言,地形图是图面要素最为复杂的图件,一般一幅1:5万标准图幅的地形图全要素数字化需要耗费2人一个半月的时间才能完成,如果等到完成工作区7

幅地形图数字化工作时,野外工作就不能及时开展了。为了及时提供野外工作地形图,可采用扫描、配准等方式处理成图,采用这种方法大约只需要一周的时间就可以完成本调查工作中所要用到的7幅地形图件。

具体的处理方法是在MapGIS图像分析模块中打开地形图栅格数据和标准图框数据,并在标准图框和扫描地形图对应的方里网格和经纬网格上选取多个控制点,比较控制点残差值,及时删除误差较大的控制点,利用生成的最佳配准数学模型校正地形图栅格数据,使之与标准图框匹配。校正后的地形图不仅可以与其它专业矢量数据叠加制作成野外工作图件,还可以作为地形图矢量化基础图件同时在室内开展数字化工作,保证了野外和室内工作的同步推进。

在GIS软件中用同样的栅格数据配准方法,实现

了遥感图像的几何精校正,为野外遥感技术应用提供了基础数据。

2.1.4 野外工作用图的制作

完成地形图栅格数据与标准图框配准工作和专业矢量数据与标准图框配准工作后,工作图件都配准到同一个坐标系下,从而使野外用图的制作工作相对简单。在MapGIS中将所有图层数据添加到一个工程文件后,可根据不同的专业要求和野外工作需要,制成多个专题图件。如将地质界线、地层符号和地质构造叠加在地形图上,制作成野外实际材料底图(见图2),利用岩溶水文地质界线、岩溶次级流域信息、泉点分布信息叠加制作出水文地质信息分布简图,利用处理的卫星遥感ETM数据和行政区划信息制作出工作区遥感简图(见图3)等。

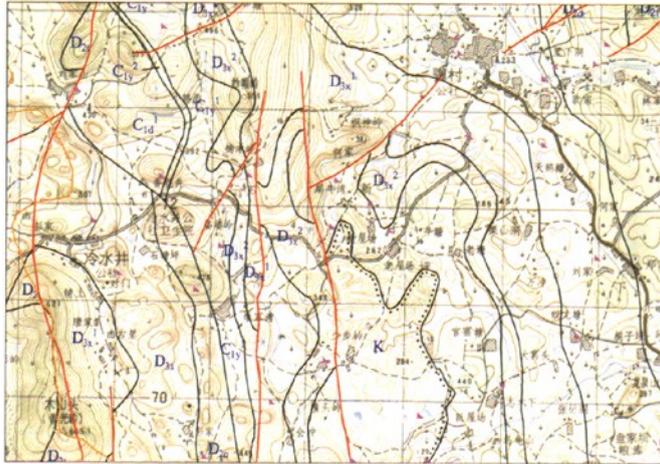


图2 野外实际材料底图(局部)

Fig. 2 Part of the base map for fieldwork(part)



图3 遥感简图(部分信息)

Fig. 3 Remote sensing map (partial information)

2.2 野外工作中的GIS技术应用

经过处理后的资料和野外用图不仅可以输出提供给野外工作人员使用,同时还能作为建立新田GIS系统的数据库资料。在开展新田流域岩溶水文地质综合调查野外工作时,利用该系统参与了野外数据采集整理、阶段性分析等工作,提高了工作效益和准确度。

2.2.1 取代手工拼图与高程判读工作

在过去开展野外工作时,需要在驻地拼接好一套纸质工作底图,随着工作的开展,调查人员逐步地把野外调查的水点、泉点、地质等信息用笔添加到底图上。这种常规方法存在多方面弱点,一是纸质图件质量随着存放时间、空气湿度、温度的变化会产生形变,加大了图幅拼接的难度;二是拼接时粘合剂的使用也会造成图幅接边材料的形变导致精度的降低;三是使用过程中不可避免地造成图面磨损和污染。

在此次野外作业中,将装有工作区数字化数据和GIS系统的计算机带到了野外驻地,每天野外工作结束后,可直接在GIS系统中已拼接好的工作图件上标注野外调查数据和修改相关地学信息,如修订地质界线、标注野外调查水点、野外采样点等,提高了数据精度和工作效率,并避免了图件的损坏。

通常调查点的空间位置判读是在野外用图上标注出调查点的位置后,再用三角尺量测野外点的公理网坐标,并在放大镜的协助下推断出高程值。高程值推断时必须仔细地在地形线上进行追踪和推算。随着图件使用次数的增多,图件磨损以及人为在图件上添

加的要素使高程判读越来越困难,而在GIS系统中则可轻易地在屏幕上追踪和推算出调查点的高程值,甚至可以添加注记,还不会造成图面污染和磨损。

2.2.2 阶段性工作检查

为了及时利用GIS系统进行阶段性总结,每天野外工作结束后,要把各小组野外调查点的空间位置和基本信息录入到GIS系统中,可及时地分析调查点的数据,尤其是对标准图幅接边地带和各野外小组工作交叉区域的工作检查作用最为显著。因为(如1:5万水文地质调查工作的定点密度要求是每平方公里1个点,)各野外小组的调查点是标注在各自携带的野外用图上,容易造成工作交叉区域调查点的遗漏,而将数据输入到GIS系统生成的由7个标准图幅拼接好的大图后,调查人员可及时发现工作区域中野外调查薄弱的地方(见图4中的1、2、3区域符合调查要求,4区调查点较稀),并据之来制定补充调查路线和增加调查点,从而有力地保证了工作的精度。

又如按有关规定,每个岩性地层需采集2~3个岩石样品,具体到本工作区需要在700多个野外调查中的40多个地质点上采集。在采样点的合理选择上,GIS技术也显示出了很大的优越性。首先,调查人员可以通过GIS的分类统计功能对调查点的岩性描述字段进行统计,得出工作区域中岩性分布的统计数据,据此分析确定取样点及其所在的位置;然后根据取样点的分布情况并结合交通状况来设计取样线路和取样数量。整个过程直观而快捷,工作效率大大提高。

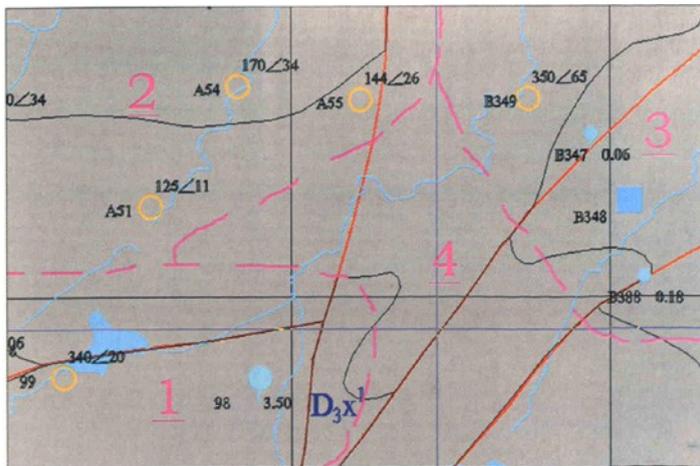


图4 阶段性分析后发现的调查工作薄弱区

Fig. 4 Inefficiently surveyed areas that have been found after analysis

1. 第一阶段野外工作区域;2. 第二阶段A组野外工作区域;3. 第二阶段B组野外工作区域;4. 野外调查工作薄弱区

2.2.3 野外定点与分析

利用GIS系统的开窗放大功能,可轻松地在地形图上检查野外定点是否准确,纠正工作人员在野外工作中的误差;与遥感数据进行叠加分析,可从遥感图像中取得更符合现状的数据,并可补充增加调查点的信息特征,使调查的成果更符合实际的情况。GIS系统的开窗放大倍数在技术上是可无限放大的,对研究工作细节是非常有用的。尤其是对地形线密集的沟谷、因原始图件磨损而模糊的位置更需在高倍率的放大倍数下进行分析。

如新圩镇南部有一片近6平方公里的耕地,地势平坦、农作物茂盛。随着经济的发展,沿着道路的村镇

间住房已经基本连接在一起,而地形图上是30年前绘制的居民地位置,根据原有地形图上的居民地位置已不好定位,而四周丘陵地貌特征相似,利用罗盘定位比较困难,携带的GPS由于坐标转换的原因有很大的误差。回到野外驻地后,利用GIS系统对野外材料图与遥感图像进行对比。由于遥感数据的现势性较好,更接近调查时的情况,并在更宏观的角度弥补了地面人员视线上的局限性,从而帮助野外人员准确地确定了有定位难度的调查点位置(见图6,A80,A58间民房沿公路修建已连接),对野外定位出现偏差的调查点位置进行了修正(见图5,A78,A79由于植被茂盛、林木较多、地形相似导致定点时出现了偏差)。

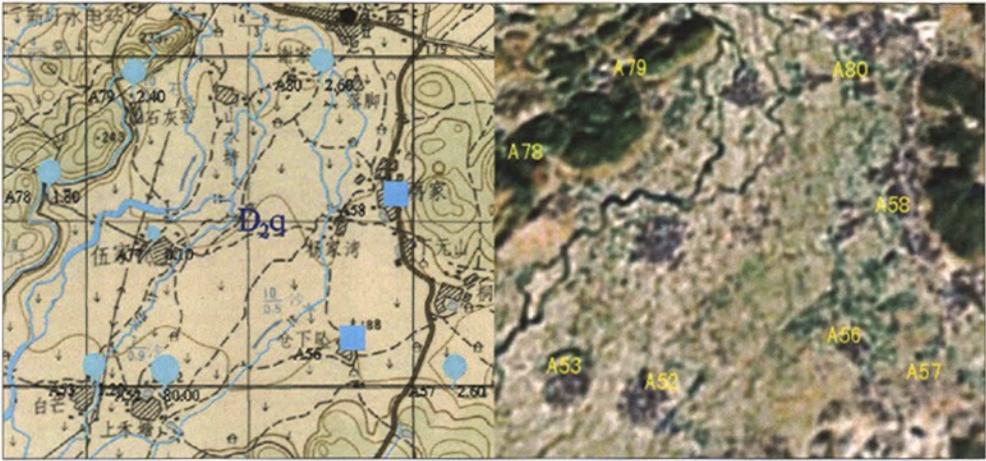


图5 新圩镇南调查区域专业图层与遥感图像对比

Fig. 5 Contrast of professional map with remote sensing image in south Xinxu town

3 结论与讨论

GIS技术在野外工作开展前期及时提供了具有丰富内涵的野外工作底图,为项目实施提供了大量的数据和信息。在野外工作开展期间可验证、纠正野外工作中的偏差,为后期工作调整和补充调查提供直观的信息,为阶段性总结提供最新、最准确的基础数据和调查数据,可帮助完成初步的成果整理工作,在岩溶环境地质综合调查野外工作中的应用取得了很好的成效。

但由于此项工作涉及多项专业学科,因而需要在以下专业方面加以注意,才能保证工作的顺利完成。

(1)图形数据的配准、野外调查底图的制作需要具有地图学知识,尤其要懂得地图的数学基础。如地球坐标系、地图投影和地图分幅原理和方法等,才能保证处理后各个图件的一致性,从而提高空间数据库的建设和成果提交的准确性和可重复使用性。

(2)专业图件的要素判读、错误纠正和综合分析需要具有地质学、岩溶学和水文地质学知识。对原始图件分析、数字化数据的检查、多来源信息化数据的分析工作需要经验的地质工作者从地质专业的角度来完成,如岩溶发育规律与图件中岩溶要素是否吻合,地貌特征与地下水或泉点的关系是否合理等,从而修正初级数字化人员专业知识缺乏造成的错误。

(3)图件的制作和GIS软件的应用需要具有基本的计算机知识和GIS软件使用能力,并对数据结构有一定的了解,才能对矢量数据、栅格数据分别进行处理,建立相应的属性数据库,录入和编辑数据,才能利用通用的GIS分析工具结合专业需求来挖掘信息、分析数据。

致谢:新田地调项目野外工作得到了唐建生研究员、李兆林研究员的大力支持,在此一并感谢。

参考文献

- [1] 高建新. GIS 近期发展趋势综述[J]. 测绘信息与工程, 2003, 28(5): 15-18.
- [2] 刘春, 刘大杰. GIS 的应用及研究热点探讨[J]. 现代测绘, 2003, 26(3): 7-10.
- [3] 中国地质调查局发展中心. 计算机辅助区域地质调查系统(RGMAP)顺利通过评审[OL]. <http://old.cgs.gov.cn/NEWS/>.
- [4] 方成名, 葛梦春. RGMAP 数字区域地质调查方法及应用[J]. 东华理工学院学报, 2004, 27(3): 251-254.
- [5] 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.
- [6] 高山, 冯光胜, 张旺生. 数字填图技术在区域地质调查中的应用实例——以民和试点图幅为例[J]. 科技进步与对策, 2003, (增刊): 302-303.
- [7] 樊文有, 谢靖, 谢琼. 基于 MAPGIS 的 1:5 万区域地质调查数据库的设计[J]. 科技进步与对策, 2003, (增刊): 214-216.
- [8] 陈伟海. GIS 技术在岩溶水文地质工作中的若干应用——以广西来宾小平阳为例[J]. 中国岩溶, 2001, 20(2): 161-165.
- [9] 彭建, 杨明德, 梁虹. 基于 GIS 的路南把江喀斯特流域地貌演化定量研究[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2): 89-94.
- [10] 唐建生, 李兆林. 湖南新田岩溶地下水勘察开发示范[C]//中国地质科学院岩溶地质研究所. 中国地质科学院岩溶地质研究所 2003-2006 年科技成果集锦. 桂林: 广西师范大学出版社, 2007: 73-74.
- [11] 时坚, 蒋忠诚. 《西南岩溶地区地下水与环境地质调查综合研究》[C]//中国地质科学院岩溶地质研究所. 中国地质科学院岩溶地质研究所 2003-2006 年科技成果集锦. 桂林: 广西师范大学出版社, 2007: 77.

Application of GIS to 1 : 50 000 karst hydro-geologic field survey — A case study in Xintian basin, Hunan province

ZHOU Li-xin^{1,2}, SHI Jian²

(1. School of Information, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China;

2. Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract: Application of GIS techniques to karst hydro-geologic field survey usually spends a lot of time preparing digital data, which make GIS system can not be used in the fieldwork in time. In order to apply the GIS technique betimes on the fieldwork in the 1 : 50 000 composite hydro-geologic field survey, the author edited and adjusted the digital data collected from Xintian basin by different methods based on the complexity of the data, and provided the fieldwork map that contained rich information in time, built the data platform for editing and analyzing in working area, input and analyze the data in time during the survey, edit the geologic borderline, check the position of the points recorded in field, find the miss information, optimize sampling route. All of the above has improved the data precision and work efficiency.

Key words: karst geologic field survey; GIS technique; map registration