

# 数字地质填图研究现状与发展趋势

于庆文<sup>1</sup>,李超岭<sup>1</sup>,张克信<sup>2</sup>,杨东来<sup>1</sup>,朱云海<sup>2</sup>,葛梦春<sup>2</sup>

(1. 中国地质调查局,北京 100035;2. 中国地质大学地球科学学院,湖北武汉 430074)

**摘要:** 数字地质填图是指区域地质调查数据的野外获取及其成果的数字化统一性再现。当前数字地质填图现状和发展趋势已基本实现了数字填图系统的采集、存储、管理、描述、分析和再现地质实体在地球表面空间分布有关的数据信息。在计算机辅助下,通过野外观测路线的调查,对地质、地理、地球物理、地球化学和遥感等多源地学数据进行综合分析和地质制图。在掌上机 Windows CE 平台上,实现了数字填图所需的基本 GIS 基本功能(GPS 定位路线采集、素描),实现了遥感系统与数字填图系统的一体化整合。

**关键词:** 数字地质填图;多源地学数据整合;发展趋势。

中图分类号: P623 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2003)04-0370-07

**作者简介:** 于庆文(1953—),男,研究员,2000 年于中国地质大学获博士学位,主要从事区域地质调查技术方法研究与管理 and 第四纪地质研究。E-mail: yqingwen@mail.cgs.gov.cn

## 0 引言

由于现代信息技术和空间技术的迅速发展和广泛应用,以及社会需求的不断变化,最近十年来区域地质调查工作从理论基础的技术支撑,到填图内容和图件表现形式,都发生了巨大的变化。在地质建立新的知识体系的过程中,全球的地质工作加强了基础地质调查研究的步伐,并以基础地质调查为基点,最大限度地满足社会不断变化和增长的需求,为国家繁荣和持续发展提供可靠的地质数据、信息和认识。区域地质调查工作内容涉及地学的各个领域,其进展与研究程度的高低,不但是衡量一个国家地质工作和地质科学技术总体水平的重要标志,同时是制约国家资源预测与评价和地质工作服务于经济建设能力的重要因素。

传统的区域地质调查,是通过连续的野外地质路线观测和观察,把获得的第一手基础资料记录在纸介质的记录簿上,并把相应的地质观测点及界线标绘在地形图上。获取的野外地质观测数据和信息基本上还处于分散的、非动态的管理现状,极大地制约了资源信息充分发挥。因此,地学数据的采集理论

与技术方法的研究已成为实现地学数据获取全过程信息化迫切需要解决的问题,世界各国都十分重视地质调查工作的现代化。由于地质内容的复杂性,野外数据采集的数字化地质调查的基本工作方式和信息化一直是地质调查工作主流程信息化难度最大的工作。因此,各国均投入大量的人力和物力进行不同比例尺的数字填图实验工作<sup>[1~8]</sup>。

## 1 国内外数字地质填图研究现状

近些年区域地质调查领域最大的进展就是信息技术的广泛应用。由于 GIS、GPS、RS 等高新技术的广泛应用,极大地提高了区域地质调查(填图)的效率,改进了地质填图的质量,加快了地质填图的速度,使地质调查领域信息化难度最大的区域地质调查实现了全过程的信息化,建立的数字地质图数据库,从根本上改变了地质图信息的传统表达方式,为地质图信息的灵活检索、信息共享、扩大服务领域奠定了基础,并大大提高了为社会提供服务的能力。许多国家在开展新的国家地质填图计划时,还明确了应用高新技术的基本要求。

近十年来,随着信息技术的迅速发展,其应用不仅已经遍及国土资源工作各个领域的数据采集、处理、管理、成果输出等全过程,而且深入到解决跨学

收稿日期: 2003-04-18

基金项目: 中国地质调查局“数字填图过程、多源数据整合及成果表达方式研究”(No. 基[2003]009-02)。

科、跨领域的信息共享、集成等问题。现在美、加、澳实施的地质填图计划中都明确提出要在填图的各个阶段及信息服务全面采用数字技术。到目前为止,上述填图计划都有一批项目已经完成。上述国家填图计划的实施过程具有以下特点:(1)为地质调查全过程信息化组织制定一系列标准。如:地质调查数据模型标准、数字地质图数据库标准、数字地质图出版标准及元数据标准等;(2)探索野外数据采集的计算机化问题。直到2002年,国外大多地学专家普遍认为,野外数据采集技术的发展,将导致地学及其相关领域的数据采集革命;(3)采用GIS技术完成室内资料整理、分析及图件的编辑;(4)提供2种输出:建立数字地质图数据库与硬拷贝地质图;(5)建立了适应新技术的完整工作流程。

在国内,原地矿部及中国地质调查局相继在“八五”、“九五”期间开展了这方面的研究工作,采取走出去、请进来的方式,进行数字填图技术的跟踪,并立项开展这方面的工作,其特点都是计算机技术的应用,未涉及数字填图技术的核心。

纵观国内外主要野外数据采集软件,野外数据采集数据库的建立主要是通过回到室内整理野外采集的数据,然后输入到数据库中,或直接将大量的预先定义好格式的纸介质表格的有关数据输入到数据库中。这种二次输入方式,一是难以提高效率,二是没有根本解决野外地质调查数据获取的技术最核心的问题。过分结构化数据输入的数字野外笔记本,要求地学工作者改变他们观察和记录地质野外信息的方式,记录空间定点位置和属性信息分离管理。当前野外现场的电子手图处理系统、对区域地质野外调查的对象进行系统的地质实体分类与定义、数据表达、数据组织建模系统的研究。到目前为止,直接在野外进行地质调查与填图野外数据采集系统及其相配套的数字填图系统研究还在初创阶段,但已有把传统记录在笔记本上的野外描述转换成数字系统的计算机技术应用的研究,基本都是针对某一特定目标和某些项目要求,开展局部的研究工作,从系统的角度来看,这种方式还不属于数字填图技术的范畴。野外地质调查与填图数字化采集技术就是把野外地质观测路线与实际材料图及地质制图的完全人工工作过程跨越式转变为野外现场地质调查与填图信息数字化过程。这个过程是野外数据的数字化获取技术及其成果统一性的数字化重现和认识的研究重点。

## 2 数字填图系统软件开发与野外数据采集设备发展趋势

### 2.1 数字填图系统软件开发发展趋势

数字填图系统软件开发以数字填图理论与技术方法为基础,是野外数据采集系统研究发展的趋势。其系统功能的基本特点是符合野外工作的质量和精度要求,便于野外地质人员操作和掌握。野外数据采集系统从野外数据采集拓展到整个数字填图过程,系统功能从数据处理拓展到数字填图过程定量质量评价,因而成为完整体系。野外数据采集系统能提供丰富的图示图例库,满足地质专业的图示需求。在CE平台上,实现了数字填图所需基本GIS功能(GPS定位、野外路线数据采集、素描等)。野外数据采集系统具有先进的数据组织和压缩技术,一次可以调入符合野外调查的整幅国际分幅地理数据和其他数据,来极大地满足实际工作的需要。野外数据采集系统可实现遥感系统与数字填图系统的一体化整合,为野外到室内实现一体化的采集、一体化的组织、一体化的管理及一体化的成果表现形式奠定了基础。数字填图技术在区域地质调查全面应用和实现的同时,还将导致地学及其相关领域野外数据采集发生根本性变化,并拓宽了如环境地质调查、地质灾害调查、固体矿产调查、地球化学调查、地球物理调查、地下水地质调查等专项调查的内容及程度。

目前,我国在数字填图技术的研究中,创建了数字地质填图过程的标准化和规范化的PRB数字填图技术体系:PRB数据模型、PRB基本过程、PRB的基本过程组合的规则、PRB过程的公共机制、PRB过程基本程式、PRB数据操作、PRB字典、三级PRB体系、PRB数据流“栈”、PRB数据质量定量评价体系等。该技术已广泛在区调中应用。

### 2.2 掌上计算机技术发展趋势

美国地调局从1997年开始,每年都召开数字填图技术(digital mapping technology)会议,专门讨论数字填图技术问题。越来越多的专家认为,野外数据采集设备的技术改造将导致地学及其相关领域野外数据采集的革命。

野外数据采集设备是一种集计算、电话/传真和网络等功能于一身的手持设备,也称PDA。典型的PDA功能包括:移动电话、传真发送器和个人组织器。可以配置微型键盘或利用触摸屏和输入笔进行

数据输入。供电时间可达 8 h 以上。目前 CPU 多为 SH3、STROM 206 MHz、400 MHz, 内存在 16~128 M 之间。由于 Windows CE 的出现, 并迅速成为 PDA 的主流操作系统, 该领域出现了新产品概念“Handheld PC”(HPC) 手持计算机, 它分为笔输入掌上机(无键盘型)和手持式掌上机(有键盘型), 厂家在预装了中文 Windows CE 后, 将此类产品定名为“掌上电脑”。

掌上电脑的屏幕性能是构成野外数据采集器的一个重要指标。目前发展变化向 2 个方向发展, 一是向小的方面发展, 以 4 寸及 4 寸以下为主, 其特点是屏幕具有背射和透射的功能, 如夏普厂商 2002—2005 年的生产计划主要在 2.5 寸左右。具体说, 在野外可以在阳光下和黑暗处阅读屏幕, 保证野外正常工作。二是向大的方面发展, 以平板电脑为代表, 屏幕在 5~8 寸左右, 目前屏幕只有背射的功能, 虽然野外视域大, 但在阳光下阅读屏幕比较困难。预计 2003 年以后将出现透射的功能, 可在阳光下和黑暗处使用与 GPS 一体化的野外数据器产品。

目前掌上机的操作系统, 在市场上主要有 Palm 公司的 Palm OS 和微软公司的 WinCE。WinCE 从 1.0 到 3.0 给开发级用户提供了开发专业级的开发平台。不但能够面向野外现场开发, 而且使掌上机与桌面的 GIS 系统一体化更高。

数字填图技术系统是软件密集硬件集合, 其硬件与现实世界连接。图 1 是目前中国地质调查局正在实施的数字地质填图试点项目中使用的野外数据采集器硬件系统。数字填图系统是一个被构造型化为处理的节点。环绕着这个节点有 6 种设备: 掌上机及夹克 GPS、CF 闪存卡、便携式计算机、数码相机、摄像机、语音录音笔。数字填图系统运行掌上机、便携式计算机并处理其他设备获取的数据。

区域地质调查野外路线观测的工作方式, 要求随身带到野外的设备能够描述与管理复杂的信息, 野外现场完成观察数据的一次性数字化输入; 具有足够的存储容量、具有与室内所用系统的接口。在野外工作时, 除了能在野外强阳光下和黑暗处阅读屏幕外, 还必须体积小、重量轻、功耗低、至少能连续工作 10 h 以上。因此, 野外数据采集器在视图的建模中是一个关键的节点。根据以上特点, 目前选用 Windows CE 为操作系统、屏幕具有背光和反射型功能的与 GPS 一体化的掌上电脑(iPACK 3850)为野外数据采集器。图 2 是目前中国地质调查局正在



图 1 数字填图系统实施视图建模

Fig. 1 View modeling for realization of PRB mapping system

实施的数字地质填图试点项目中使用的可在阳光下和黑暗处阅读的与 GPS 一体化的野外数据采集器。

### 2.3 全球定位技术

2000 年 5 月, 美国政府宣布取消 SA 政策, 正式结束了长达 10 年之久的人为降低 GPS 定位精度的政策。SA 政策取消后, 单频单机实时定位精度达到 5~30 m, 双频单机的精度为 5~25 m, 从而彻底解决了 GPS 用于填图的定位精度问题。

目前用于野外数据采集的 GPS 主要有 3 种形式: 一是将 GPS 作为可选设备提供接口, 与野外数据采集系统的掌上机连接, 通常选择如小博士 GPS。二是与掌上机集成一体化的 GPS, 如 iPACK 3850 GPS 夹克, 也是目前中国地质调查局正在实施的数字地质填图试点项目中使用的方式。三是内置 GPS, 该产品是野外数据采集设备的最佳模式。预计明后年可实现。GPS 与掌上机的集成实现了野外数据采集过程中的自动与实时定位, 使野外数据采集的定位方法发生了改变。



图 2 可在阳光下和黑暗处阅读的与 GPS 一体化的野外数据采集器

Fig. 2 Field data capture system integrated with GPS used in sunlight and dark

## 2.4 手写和语音识别技术

手写笔输入是大多数掌上机的主要输入手段。1992年 Apple 公司推出的 NewtonPDA 就具有人工智能手写识别软件。从1985年第一块中文联机手写输入板问世到1995年的10年间,手写输入技术不断进步,实用性的产品更新换代很快。如汉王公司的手写识别技术和后处理技术、美国 Motorola 公司研制成功了高连笔识别率的慧笔。十几年来手写识别技术不断进步及其与掌上机的集成,使用于野外地质数据采集的掌上机几乎都具有手写识别能力<sup>[9]</sup>。手写输入技术越来越完善,具有联想功能,目前是野外数据采集数据输入的重要手段之一。

1997年 IBM 公司推出中文语音识别系统 IBM ViaVoice 听写软件及开发工具,它采用了连续语音识别技术,提高了汉字输入速度和识别率, ViaVoice 存储了32000个常用汉语词汇,使用者能以150字/min或更快的语速讲话,由计算机识别并自动转化文本文件。目前该软件的平均最高识别率 $>95\%$ 。由于语音识别需要复杂的处理,对计算机的性能要求较高,目前还不能内置在掌上机中,但许多掌上机配备内置微型录音设备<sup>[9]</sup>。目前,野外语音录入设备可选用语音笔或 MD。数字语音录入的技术使用也非常方便。可以预见,一旦语音识别能够直接识别语音记录文件,地质人员将从繁琐的数据输入中解放出来,并大大加快野外数据采集的步伐。

## 3 数字填图技术理论研究发展趋势

数字填图系统是以采集、存储、管理、描述、分析和再现地质实体在地球表面空间分布有关的数据的信息系统。它帮助地质学家在计算机辅助下,通过野外观测路线的调查,对地质、地貌、地球物理、地球化学和遥感等多源地学进行综合分析和解释,进行地质制图。特别是交互式处理能力和快速可视化运算能力,通过反复尝试,使地质学家能比较容易地完善自己的知识模型和测区的成图。这是传统的工作方式很难或无法实现的。因此是各国填图地质学家一直努力寻找的工具和方法。它所涉及的内容主要包括:

数字填图的基本理论与技术方法框架体系研究;区域地质调查空间数据的获取及计算机输入;野外数据及地质图空间数据模型及其数据表达;地球物理、地球化学和遥感等多源地学数据整合技术;区域地质调查属性数据的数据库存储及处理;区域地

质调查定量质量评价体系研究;区域地质调查数据的共享、分析与应用;区域地质调查数据的显示与视觉化;数字填图系统的项目管理、开发、质量保证与标准化等。

在数字填图技术理论研究方面,将从数字地质填图定义及其相关概念、数字填图地质建模、数字填图物理建模、数字填图数学建模、数字填图中的数据模型、数字填图技术的数字化过程模型、数据操作、数字填图定量质量评价体系及与数字填图相关的技术规范和标准等方面有一个全面地、系统地研究和发展的,将逐步形成一门与地质学科紧密结合、相关的学科——数字区域地质调查<sup>[7]</sup>。

区域地质调查空间数据的获取及计算机输入理论与技术研究:地理要素数据如何有效地输入到计算机中是一项琐碎、费时、代价昂贵的任务,目前大多数的地理要素数据是从纸介质地图输入计算机。常用的方法是数字化和扫描。数字化的主要问题是低效率和高代价;扫描输入则面临另一个问题,扫描得到的栅格数据如何变换成 GIS 数据库通常要求的点、线、面、拓扑关系属性等形式。目前数据输入正在越来越多地借助非地图形式,遥感就是其中的一种形式。遥感数据已经成为数据获取的重要数据来源。与地图数据不同的是,遥感数据输入到计算机较为容易,但如何通过对遥感图像的解释来采集和编译地理信息则是一件较为困难的事情;地理数据采集的另一项主要进展是 GPS 技术。GPS 可以准确、快速地定位地球表面的任何地点。野外数据采集涉及大量地质实体几何空间实体的数据采集与计算机输入方法的研究,野外手图电子化是解决空间数据的获取及计算机输入的关键。因此,野外现场数据采集、GPS 定位及其相应的数据模型是数据获取研究的内容。

数字地质填图系统通过计算机的应用为地球物理、地球化学和遥感等多源地学数据整合技术提供了方便快捷的平台。中国地质调查局目前正在以 RG-MAP 为技术平台的支撑下,将野外数字地质路线调查形成的 PRB 库,与地球物理、地球化学和遥感等多源地学数据进行综合分析和解释并进行地质制图。多源数据的整合实质是将地球物理、地球化学、遥感影像及地学各种信息、地理要素信息等多源数据在空间上进行相关匹配和叠加,并通过多变量的特征选择和特征提取,提高人们对区域地质构造观察的广度和深度及三维概括及成果内容的表现能力。

野外数据及地质图空间数据模型及其数据表达理论与技术研究:空间数据模型及其数据表达是 GIS 技术的重要基础,它与制图的数据模型有着重要的区别。区域地质调查野外数据与地理空间位置或特征相关联的空间对象是各种空间地质实体的抽象表达,可分为纯几何类型、几何拓扑类型、纯拓扑类型、空间地物、非地物类型等。按地质实体与空间数据的特点,以要素类、对象类、关系类、子类等构成的第三代地理相关数据模型来研究区域地质调查野外空间数据模型。

数字区域地质调查定量质量评价体系研究:主要是通过计算机技术,自动与辅助相结合的方法,研究评价野外数据采集的数据质量。在数字填图数据模型的基础上,按照区域地质调查的技术要求,通过一定的定量指标,研究野外地质调查工作量与质的关系。特别是基于 GIS 技术,如空间分析、缓冲分析、空间运算等来定量评价野外路线观测的有效性、科学性和客观性。

区域地质调查属性数据的数据库存储及处理理论与技术研究:区调数据库及数据仓库的设置,为面向全球、全社会服务的领域很广,它的数据来源分布于全国的各个地调院、大学、其他地学行业等,只有将各个面向操作管理、多时态的数据库重组为面向服务主题的数据仓库,才能做好多方面的信息服务。

区域地质调查数据的共享、分析与应用理论与技术研究:经过几十年区调工作,我国与区调有关的数据库建设有了一定的积累,随着全国 1:20 万、1:5 万地质图空间数据库、全国 1:20 万水文图空间数据库的建立,重砂、岩石、同位素、矿产地、岩心钻孔数据库的建立,高层分析的需求推动力越来越大。数字填图与数据仓库的建设必须紧密结合和同步进行。从数据库到数据仓库是一个数据准备的过程,一般包括数据的选择(选择相关的数据)、净化(消除噪音、冗余数据)、推测(推算缺失数据)、转换(离散值数据与连续值数据之间的相互转换、数据值的分组分类、数据项之间的计算组合等)、数据缩减(减少数据量)。在建设以图幅为单位的区调数据库基础上,对区域性综合信息系统及数字区调数据仓库的建设研究是将来几年研究的重点。

数字填图系统项目管理、开发、质量保证与标准化等理论与技术研究:集 GIS、GPS、RS 技术为一体的野外数据采集系统使传统的野外地质调查发生了革命性的变化,必然对传统的规范体系产生冲击。因

而必须同时对野外区域地质调查技术流程、质量控制与数字填图标准化体系开展研究。

## 4 我国当前数字填图试点图幅研究的重点

根据区域地质调查特点,对开展的 1:5 万、1:25 万试点图幅进行区域地质调查全过程的数字化填图应用研究,探讨数字化填图的最终成果表达形式,利用多源数据的整合技术,建立和完善数字地质填图中的野外地学空间数据库与地球物理、地球化学和遥感空间数据的叠加整合技术,充分挖掘各种深部隐伏地质信息,达到全方位深层次开发应用地学信息。为从野外至室内对地质图空间数据库的建立形成全数字过程的区域地质调查工作提供范例,中国地质调查局部署了 12 幅数字区域地质调查试点图幅,现将各图幅研究重点简述如下:(1)1:5 万东山县、崇阳县幅:主要目的是配合研制的《数字区域地质调查系统》进行全面测试、实验和完善工作,并对变质岩区、火山岩区、沉积岩区 1:5 万数字填图方法进行探索和研究。根据任务要求,探索本区地质填图的基本规律、满足地质调查《总则》和有关《规范》的要求,在野外全程准确高效地收集各种复杂的地质现象,使之数字化、标准化和规范化,并在室内进行数据处理、编图和输出全程自动化,总结归纳数字填图过程与传统填图技术方法等方面的比较报告。(2)1:25 万阿荣旗幅:其重点在开展地球物理、地球化学、遥感等数据整合研究分析的基础上,通过野外数字填图试点,开展覆土掩盖区、森林沼泽区生态环境地质调查及隐伏矿体信息提取等方面的研究,以及槽探工程采集编录描述和表现形式及各种专题图件的编制表达等。(3)1:25 万民和县幅:针对区内关键性地质问题采用以实测为主,调查与研究相结合原则,除重点研究秦—祁—昆重大基础地质问题外,主要开展高原隆升与环境效应及第四纪地质地貌、黄土高原高精度剖面测制及数据采集和成果的表现方式等,为西部地区开展数字填图技术奠定基础。按照不同地质体的基本特点分别采用不同的数字填图技术路线与技术方法。为数字地质填图技术培训、计算机野外填图系统软、硬件进一步开发与升级、国际交流提供资料和依据。(4)1:25 万玉林市幅:充分挖掘利用以往资料,并输入到采集

器中,强化对地质调查专业成果的再开发,在综合分析利用基础上进行修测,打破过分机械地强调点线密度,忽略了有效点、线这一局面。在确保图幅质量的前提下,将调查资金及测试样品、工作量投入到详测及重要基础地质等问题解剖区,加大与国民经济和地方经济发展密切相关的研究内容等方面。(5) 1:25万乌云镇、嘉荫县、鹤岗市幅:在系统建立区内地层层序和区域地质构造格架及花岗岩演化序列的基础上,对乌云—结雅中生代断陷盆地和三江平原的成生演化及运动学、动力学机制进行探讨。总结区内主要有色、贵金属成矿特征、区域成矿背景及成矿规律,并与毗邻俄罗斯地区进行初步对比。针对区内的不同类型区,诸如森林覆盖区、沼泽区、农业区、矿山与城市等进行区域地质调查全过程的数字填图应用研究,探讨数字填图的最终成果表达形式,进行示范性调查,初步查明区内的生态、环境、灾害地质、旅游地质现状。为该区国土资源的合理开发利用、生态环境保护建设和资源型城市经济可持续性发展提供基础资料。(6) 1:25万扎兰屯市幅:在查明本区火山岩的岩性、岩相及火山机构分布规律的基础上,研究火山沉积盆地的形成、演化规律,建立测区中生代岩石地层层序。查明区内侵入岩的岩性特征及岩石化学成分的演化规律,确定侵入岩的形成时代,探讨岩浆作用和造山作用的关系。根据区内特点,进行区域地质调查全过程的数字填图应用研究,利用多源数据的整合技术,建立和完善数字地质填图中的野外地学空间数据与地球物理、地球化学和遥感空间数据的叠加融合的整合技术,充分挖掘各种隐伏地质信息与深部信息,为建立地质图空间数据库和数字化专题图提供范例。(7) 1:25万色达县、阿坝县幅:测区位于青藏高原东缘松潘—甘孜造山带,主要为三叠系海相沉积岩分布区。采用数字填图全过程研究,通过对沉积建造、变质变形、岩浆作用的综合分析,恢复测区地质演化历史,提高该区地质研究程度。注意收集和调查总结测区有关的矿产资源、生态环境、地质灾害环境情况,扩大服务领域。探讨不同专题成果的表达方式。(8) 天津津塘经济区立体填图:在全面收集、分析、整理调查区各类资料的基础上,以满足区域经济、社会中长期规划和发展的需求为原则,运用覆盖区、海岸带和城市区域地质调查新技术、新方法,采用地球物理、地球化学、钻探、岩石地层、古生物和“3S”技术等多种手段,开展基础地质、资源评价、环境地质、工程地质、水文地

质、农业地质及旅游地质等多学科、多专业、多参数的城区及周边地区的城市立体合作综合填图。建立调查区综合空间数据库,编制多目标系列图件,为本区的经济社会发展规划、政府宏观决策提供基础地质依据。探讨并总结内陆沿江城市区立体合作填图的基本内容和工作方法、成果的种类及各种基础地质图件和专题图件的编制方法、表达形式和基本内容要求;在上述工作基础上,按照区域地质调查的各项要求,修编 1:25万天津市幅地质图,实现测区地质基础系列图件及数据的全面更新。

以上图幅充分利用多源数据的整合技术,达到全方位、深层次的提取地学信息。研究地学信息采集、建库(如数字化野外原始记录本及其采样数据库、测试结果数据库、剖面数据库等)、管理、综合分析、储存、成果输出的各个阶段及其相互间的整合技术及地学工具软件包结合,探讨数字填图的最终成果表达形式,为建立地质图空间数据库和数字化专题图,为地质图信息的灵活检索、为信息共享、总结数字化野外填图—建库—综合整理—图件与报告编制—质量管理—提交全过程的有关技术要求提供依据,扩大野外数字填图系统的推广应用,实现地质调查信息主流程信息化。

#### 参考文献:

- [1] Walsh G J. Digital bedrock geologic map of the Vermont part of the Hartland quadrangle, Windsor County, Vermont [R]. US Geological Survey Open-File Report 98-123, 1998. 17.
- [2] Berry H T. Production of the 1:250 000-scale digital geological map of Alabama [A]. Digital mapping technique'97—workshop proceedings [C]. [s. l.]: [s. n.], 1998. 5-7.
- [3] Troop D G, Cherer R M. Development of a pen-based computer system for on-site recording of geological field notes [A]. Summary of field work and other activities, 1991 [C]. Ontario Geological Survey, 1991, 157: 126-130.
- [4] Wyborn L A I, Gallagher R, Jaques A L, et al. Developing metallogenic geographic information systems: examples from Mount Isa, Kakadu and Pine Creek [A]. Proceedings of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy Annual Conference, Darwin [C]. [s. l.]: [s. n.], 1994. 129-133.
- [5] Robert L K, Curtis C A, Daniel O N, et al. Review of digital mapping technique; the Illinois experience [R].

- Digital Mapping Technique 97'US Geological Survey Open-File Report, 97-269, 1997.
- [6] 袁艳斌, 韩志军, 刘刚, 等. 基于 GIS 的 1:5 万区调野外空间数据采集技术[J]. 地球科学进展, 2000, 15(3): 348-352.  
YUAN Y B, HAN Z J, LIU G, et al. Technique of rapidly collecting field space data in the 1:50 000-scale geological mapping based on GIS [J]. Advance in Earth Sciences, 2000, 15(3): 348-352.
- [7] 李超岭, 张克信, 墙芳躅, 等. 数字区域地质调查系统技术研究[J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 763-768.  
LI C L, ZHANG K X, QIANG F Z, et al. Research on digital regional geological survey system techniques [J]. Advance in Earth Sciences, 2002, 17(5): 763-768.
- [8] 李超岭, 张克信. 基于 GIS 技术的区域性多源地学空间信息集成若干问题探讨[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2001, 26(5): 545-550.  
LI C L, ZHANG K X. Study on regional multi-source geological spatial information system based on technique of GIS [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2001, 26(5): 545-550.
- [9] 姜作勤. 野外地质数据采集信息化现状与技术发展[J]. 地质调查情报, 2000, (6): 95-109.  
JIANG Z Q. Actuality and technique development of informatization on field geological data acquisition [J]. Geological Survey Information, 2000, (6): 95-109.

## Digital Geological Mapping and Its Development

YU Qing-wen<sup>1</sup>, LI Chao-ling<sup>1</sup>, ZHANG Ke-xin<sup>2</sup>, YANG Dong-lai<sup>1</sup>, ZHU Yun-hai<sup>2</sup>, GE Meng-chun<sup>2</sup>  
(1. *China Geological Survey Bureau, Beijing 100035, China*; 2. *Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China*)

**Abstract:** Digital geological mapping obtains regional geological survey data in the field and re-shows its production in digital regularity. At present, achievements have been made in the data collecting, storage, managing, describing, analyzing and reconstructing of the geological body information with space distribution in digital mapping system. With the assistance of computer, we can synthetically analyze multi-source geological data of geology, geography, geophysics, geochemistry and remote sensing from field geological observations. We have also achieved basic GIS function (GPS orientation, routing collection, sketch) under the Windows CE platform in the laptop computer and attained the conformity between remote-sensing and digital mapping system.

**Key words:** digital geological mapping; multi-source data conformity; development trend.