

PRB 数字地质填图技术研究

李超岭¹, 于庆文¹, 杨东来¹, 邱丽华¹, 朱云海², 葛梦春²

(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: 从近 20 年地质填图中计算机野外数据采集技术研究的现状和存在的问题入手, 在确定地质填图空间数据表达的基础上, 遵循传统地质填图的规律, 在不约束地质学家地质思维的前提下, 既能满足计算机处理的需要, 又能保证地质工作者取全、取准各项地质观测数据, 在描述各类地质信息空间关系的基础上, 创建了数字地质填图过程标准化和规范化的 PRB 数字填图技术, 并对构成 PRB 数字填图技术、PRB 数据模型、PRB 基本过程、PRB 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的 PRB 数字填图技术与方法体系进行了讨论。基于该项技术开发的数字填图系统和集 GPS 一体化的野外数据采集设备已在野外填图中推广应用, 实践效果很好。本文是在实践的基础上, 通过对已有研究资料的进一步分析、总结而完成的。

关键词: 地质填图; PRB 数字填图技术; PRB 数据模型; PRB 基本过程; PRB 字典。

中图分类号: P623

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2003)04-0377-07

作者简介: 李超岭(1957—), 男, 研究员, 2001 年于中国地质大学获博士学位, 主要从事地质学中的计算机技术应用研究工作。E-mail: lchaoling@mail.cgs.gov.cn

1 问题的提出

随着计算机技术特别是掌上电脑技术的出现, 基于高新技术(特别是信息技术)的地质填图数据采集技术的开发与应用将使地质调查的方法、精度、周期和研究成果发生革命性的变化, 数字地质填图采集技术已成为地学界当前研究的热点和难点。美国地调局从 1997 年开始, 每年都召开数字填图技术会议, 专门讨论数字填图技术问题。越来越多的专家认同, 野外数据采集设备的技术革命将导致地学及其相关领域研究的重大变革^[1]。

1980 年以来, 野外路线地质调查观测数据采集一般具有 1 种模式、2 种采集方法。该模式是: 与不同岩类和不同调查方法相对应, 面向地质体的结构化表格描述^[2]。该模式下的 2 种方法是: 一是在野外直接使用电子表格录入, 二是使用纸介质的表格, 在野外先填表, 回到室内再录入计算机中。上述模式采用的 2 种采集方法大多与 GPS 定位技术相集成, 部

分系统可以在野外勾绘电子素描图。如加拿大地质调查局(GSC)开发的 Fieldlog^[3,4]、美国地质调查局的 GSMCAD^[5]、澳大利亚地质调查局和联合资源工业协会(AGSO)开发的 FieldPad——野外随身带^[6~8]及 OZROX—AGSO^[1]。上述数据采集器及数据模式均把重点放在对野外地质观测点上地质现象的逐项列表描述上^[9,10], 没有面向空间地质要素概念模型的描述, 结果使野外数据采集陷入完全使用结构化表格的误区中, 极大地约束了地质学家自由思维的空间, 导致难以取全、取准野外地质路线观测数据。另一方面, 若完全摒弃结构化表格, 采用完全个性化的自由描述采集系统, 会给数据库的建设、数据的灵活检索与管理带来困难, 失去了建立计算机系统的意义, 最终导致野外数据采集系统无法为不同层次、不同需求的地质学家所接受。近 20 年国内外的野外数据采集技术研究现状, 说明人们并未真正找到“恰到好处”地解决数字地质填图核心技术问题的方案。

要讨论如何实现地质填图数字化问题, 首先要定义数字地质填图。本文对数字地质填图的定义是: 地质填图的计算机野外获取技术及其成果一体化描

收稿日期: 2003-04-02

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

述、组织、存储与发布。该定义由两部分组成：(1)野外地质调查观测和观察数据的计算机获取技术，它是数字填图技术的主要平台；(2)如何对地质填图的对象进行数据分类、地质实体定义与表示，实现一体化描述、组织与存储，是建模和标准化问题^[3,6,10]，它是数字填图技术的支撑体系。

综上所述，以前的讨论忽略了实现数字地质填图野外数据采集系统的关键问题：就是对野外地质调查路线观测过程的数字化，而不拘泥于琐细细节的数字化。即数字化的主要对象是地质点、点间界线和分段路线的空间位置与相关属性，属性采集针对地质连图(实际材料图、编稿地质图)所需的内容进行结构化描述。这种从野外数据采集过程的数字化入手，使野外地质路线数字化调查的实现从局部细微的过程控制进入了整个过程的控制，从而使问题迎刃而解。这个过程就是要解决地质填图的野外地质观测路线—实际材料图—数字地质图的全程计算机化，即跨越式地实现野外数字地质填图及制图的信息化过程。这一数字化地质填图技术就是本文要阐述的核心内容——PRB 数字填图技术。

2 PRB 野外地质路线调查观测过程建模

地质学家在野外调查地质现象时，将实际观测结果分为地质对象的空间属性(点、线、面等)和地质对象的描述性信息记录在纸介质的地形图和笔记本上。野外数字地质观测的获取技术就是要解决这个过程的计算机全程化问题。本项研究采用的野外地质数据模型(图 1)就是把地质体的空间属性和描述性信息按一定的结构化数据模型储存在数据库中。目前在地学界争论较大的问题是描述性信息结构化程度。由于地质现象错综复杂，不同地区、不同地质构造位置、不同岩类等情况都难以用完全结构化的数据模型来满足对包罗万象的野外地质现象的数字化。为此，笔者采用了以结构化数据模型为主、辅以“自由文本”的方式，既满足了建立计算机数据库系统的要求，又保证了地质人员能在野外取全、取准各项观测信息。

为了对野外路线观测的过程定量化描述，走出围绕野外路线观测与调查过程数据信息结构化过程细节的误区，必须对野外路线观测与调查的全过程

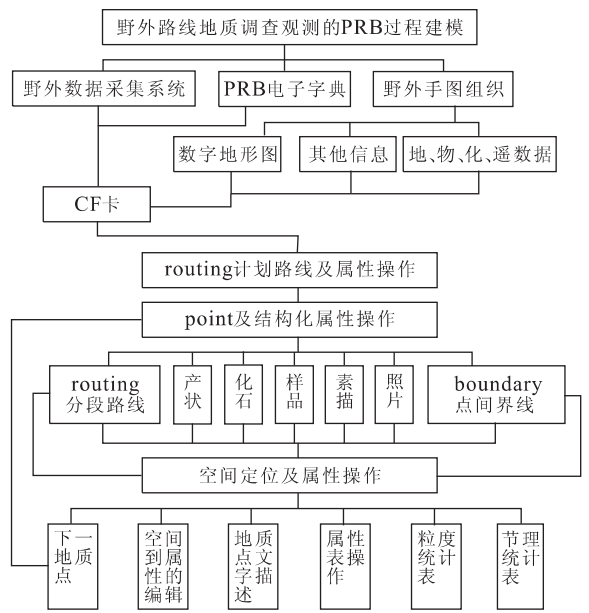


图 1 野外路线地质调查观测的 PRB 过程建模

Fig. 1 PRB process modeling for field route survey and observation

进行抽象化表述，使整个填图过程有利于计算机系统的实现，由细节控制转入过程控制。(1)针对传统地质填图中的核心过程——野外路线观测与调查过程分析，其特点是经抽象化思维，数字化的对象主要是地质点、点间界线和分段路线的空间位置与相关属性，属性采集针对地质连图(实际材料图、编稿地质图)所需的内容进行结构化描述；(2)地质填图中的核心过程——野外路线观测与调查的过程分解与定义(图 1)；(3)确定数字地质填图的技术流程；(4)定义地质填图中数字填图模型。综合以上内容，把野外数字地质路线调查过程分解为地质定点(P)、分段路线(R)、点和点间界线(B)过程，简称 PRB 填图过程。

3 PRB 数字地质填图数学建模

野外路线观测的对象及其过程所涉及的实体类型多而复杂，如果按空间对象的定义进行统计，则野外路线观测的对象基本上可以包括所有的空间对象。因此，必须把野外路线观测的各种空间对象、相关属性及其过程定义为一个简单的空间对象聚合模型。这种聚合模型可以满足对地质体的空间位置和所有观测对象相关属性信息化表达。

经分析，零维和一维空间对象的定义基本可以满足对野外路线观测的对象及其过程的描述；用实

体点表示地质定点、采样、产状、GPS 点、矿点的空间位置和属性;野外观测路线的轨迹只要显示始终端结点而不需定位左右邻面。因而,用网链(网络)来表示它们的空间位置和属性;地质实体界线、断层等采用全链来表示,因为需要显示地定位左右多边形,并对左右多边形的属性给予描述,以便地质连图;如果在野外可直接对观测的地质实体进行圈定,可采用几何拓扑环进行表示。

在确定地质填图空间数据表达的基础上,遵循传统路线地质调查的规律,使数字地质填图过程标准化和规范化,在不约束地质学家地质思维的前提下,同时既能满足计算机处理的需要,又能保证地质工作者取全、取准观测数据和参数,描述它们之间的空间关系与解释信息,如顺序关系、接触关系、几何关系、属性特征等,在此基础上创建了 PRB 数字填图技术,其核心内容如下。

(1)PRB 数字填图技术(digital mapping techniques, 简写 PRB):把野外地质调查观测路线的过程,用实体点——地质点(point)、网链——分段路线(routing)、全链或几何拓扑环——点和点间界线(boundary)的数据模型和组织方式,对野外路线观测的对象及其过程的描述进行定义、分类、聚合和归纳,分层并结构化与非结构化相结合的储存在空间数据库中,使野外路线观测描述的复杂地质现象及其观测的过程变为 PRB 数字过程。采用这种 PRB 过程进行数字填图的技术被称为 PRB 数字填图技术。

(2)PRB 数据模型(PR B data model):是描述 PRB 的基本过程、支配 PRB 的基本过程组合的规则及运用整个 PRB 过程的公共机制的数据模型。共由 10 个野外数据采集实体数据模型构成。它们是地质点、分段路线、点上和点间界线、GPS、样品、化石、产状、素描、照片、设计路线。PRB 数据模型均由描述空间位置、结构化观测内容和非结构化的描述三部分组成。每个过程的空间位置数据库解决地质制图的问题,每个过程的结构化数据库解决调查内容结构的规范化问题,每个过程的非结构化数据——自由文本开辟了地质工作者自由发挥地质思维的空间,既能满足计算机处理的需要,又能保证地质工作者取全、取准观测数据和参数,描述它们地质实体的空间位置和属性。其数据结构如下。

① P 过程:P[描述属性]{☆图幅编号,☆路线号,☆地质点号,经度,纬度,高程,纵坐标,横坐标,地理位置,露头性质,点性,微地貌,风化程度,岩性

A,岩性 B,岩性 C,岩性代码 A,岩性代码 B,岩性代码 C,地层单位 A,地层单位 B,地层单位 C,接触关系 AB,接触关系 BC,接触关系 AC,描述,国标码,日期,地质点描述文件名(自由文本格式)}。

P [空间位置](GIS 图层)。

② R 过程:R[描述属性]{☆路线号,☆地质点号,☆点间编号,填图单位,日期,分段路线距离,点间累计距离,路线方向,备注,分段路线描述文件名(自由文本格式)}。

R [空间位置](GIS 图层)。

③ B 过程:B[描述属性]{图幅编号,☆路线号,☆地质点号,☆B 编号,☆R 编号,纵坐标,横坐标,高程,经度,纬度,右边地质体,左边地质体,界线类型,走向,倾向,倾角,接触关系,国标码,备注,日期,点间界线描述文件名(自由文本格式)}。

B [空间位置](GIS 图层)。

上述 PRB 数据模型不仅能够满足区域地质调查野外数据采集所需要计算机处理最基本的结构化信息,而且能够保证地质学者不受约束地采全、采准野外观察数据。

(3)PRB 基本过程(basic process of PRB)。① 地质点(point)P 过程:是指野外路线所通过的地质界线、重要接触关系、重要地质构造、重要地质现象等进行地质观测点控制的过程。② 分段路线(routing)R 过程:是 2 个地质观测点之间的实际分段路线描述记录的控制过程。该实际路线根据 2 个地质观测点之间的内容和变化来进行分段描述,该变化可以是 2 个地质实体的界线,也可以是 1 个地质实体的内部变化。采用全链表示。③ 点上和点间界线(boundary)B 过程:是依赖于 routing 的过程。它是对点上和两段 routing 之间的界线来进行分段描述。该界线可以是 2 个地质实体的界线,也可以是 1 个地质实体的内部变化界线。boundary 过程在室内 PRB 过程中是地质连图的重要依据。采用全链表示。

(4)PRB 基本过程组合的规则(combinatorial rule of whole PRB process):是描述 PRB 基本过程组合的规则,图 2 是 PRB 基本过程组合的几种方式。一个 P 过程可以有 1 个至 n 个 R 过程,0 至 n 个 B 过程。一个 R 过程可以有 0 个或 1 个以上的 B 过程。地质点 P 过程是 PRB 过程的核心。分段路线 R 过程和点间界线 B 过程必须隶属 P 过程。

(5)PRB 过程的公共机制(public mechanism of PRB process):根据数字填图的特点,PRB 过程的

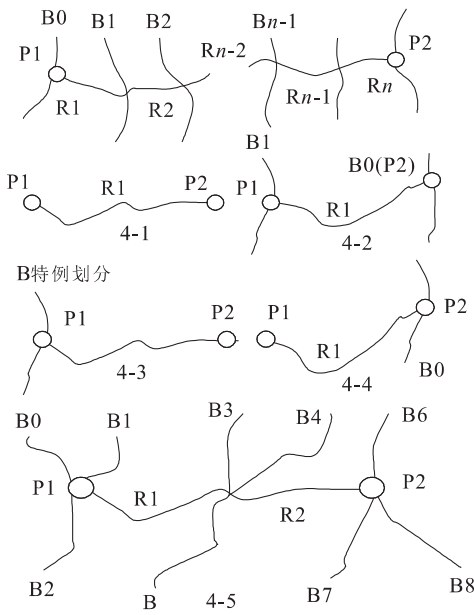


图 2 野外 PRB 划分

Fig. 2 Field PRB subdivision

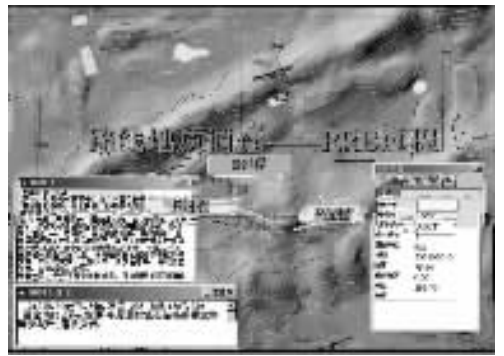


图 3 野外路线观测数据采集的 PRB 过程

Fig. 3 PRB process of field route capture

是为解决地层、构造、岩性等地质内容描述的标准化问题,通过野外填图字典查阅的作用提高野外数据采集效率而设立的. PRB 过程字典的建立可以减少或避免以往地质调查存在的地质描述术语不严谨,防止同名异物与同物异名等问题,也为数据库在更大的范围内有效共享提供了基本保证. 野外数据采集系统提供了 3 种类型 PRB 字典: PRB 过程一般术语字典、PRB 过程野外记录结构化描述字典和 PRB 过程规范结构化填空补缺式描述字典.

(9) 三级 PRB 体系 (three-class PRB framework): PRB 过程是数字地质填图工作的最基本框架. 为了统一表述和交流,根据工作的阶段和周期,我们把 PRB 过程分为三级体系. 针对 PRB 过程的特点,把野外路线观测 2 个地质点之间的 PRB 过程规定为最小单元的过程,它由以 P 开始的多个 B、R 进行任意的组合. 称为一级 PRB 过程. 把多个 PRB 过程组合成一条路线的过程称为二级 PRB 过程. 把数字地质填图过程规范化为前期 PRB 过程、PRB 初期过程、野外 PRB 过程、野外驻地 PRB 过程、室内 PRB 终结过程、PRB 成果提交过程 6 个子过程称为三级 PRB 过程.

(10) PRB 数据质量定量评价 (digital evaluation of PRB data): 根据区域地质调查技术规范和数字填图野外数据采集工作方法指南,区域地质调查与填图的 PRB 数据质量定量评价模型主要由工作量完成情况检查、实际材料图精度检查、地质实体有效控制精度等控制指标来描述.

公共机制由 PRB 划分、PRB 过程字典与扩展机制组成. PRB 过程划分是描述 PRB 的划分及过程编码规则; PRB 过程字典是 PRB 过程采用的 3 种类型字典的规则; PRB 过程扩展机制是描述在 PRB 过程的采样过程规则,这些采样过程包括产状、化石、素描、照片、影像、样品等数字化采集过程.

(6) PRB 过程基本程式 (basic program of PRB process): 是指 PRB 路线地质调查最小单元的组合模式. 一条野外路线可由若干个最小单元组合而成. 可由地质人员任意组合. 它有以下几种最小单元的组合模式: 模式一: P 组合, 适合地质填图野外填图中独立地质点的补点工作; 模式二: P-R-P、P-(B)-R-(B)-P、P-P 组合, 适合地质内容复杂程度中等的填图工作; 模式三: P-(B1, B2, ...) - R-(B1, B2, ...) - P, 适合地质内容复杂程度大的填图工作. 图 3 是野外路线观测数据采集的 PRB 过程.

(7) PRB 数据操作 (data operation of PRB process): 把 PRB 野外手图的组织 (图 4)、图幅 PRB 库创建、野外 PRB 手图库组织与管理、实际材料图数据的综合处理、编稿地质图的成图、PRB 数据质量检查、PRB 检索、PRB 地质连图、PRB 工作量统计、PRB 数据质量定量评价等操作统称为 PRB 数据操作. 图 5 是对 PRB 数据——野外记录、素描、照片数据的交互操作部分功能.

(8) PRB 字典 (PRB dictionary): PRB 过程字典

4 PRB 过程数据流“栈”模型

传统的区域地质调查从野外地质路线观测调查

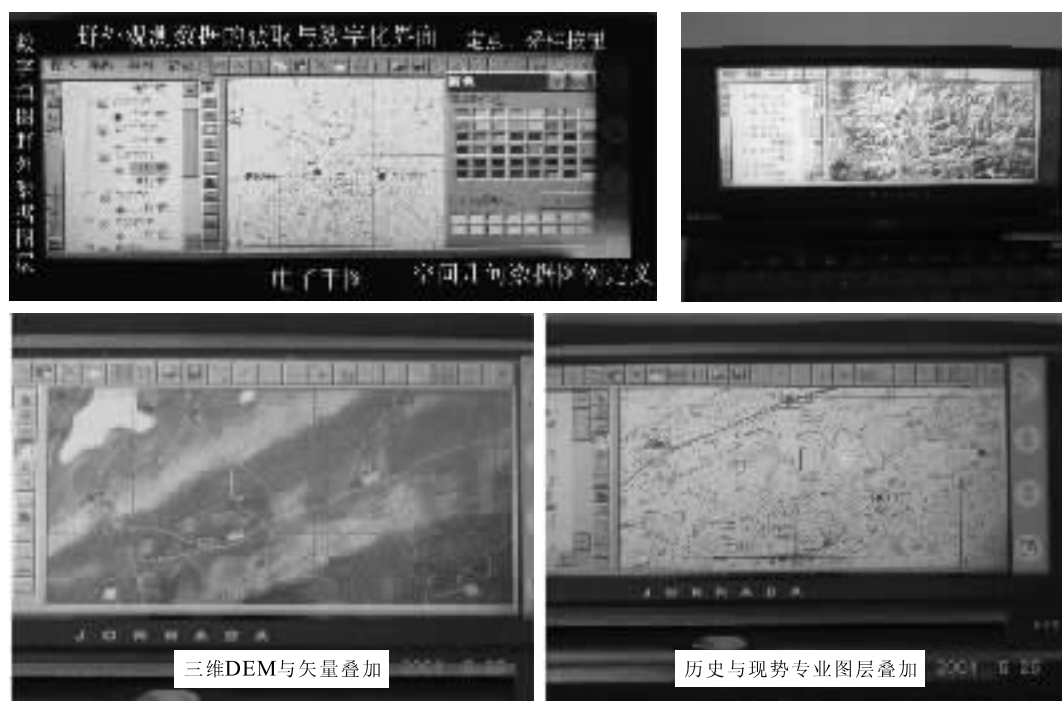


图4 多源数据的野外手图在野外数据采集器的整合表现

Fig. 4 Concordance of field picked map from multi-source data in field data capture devices

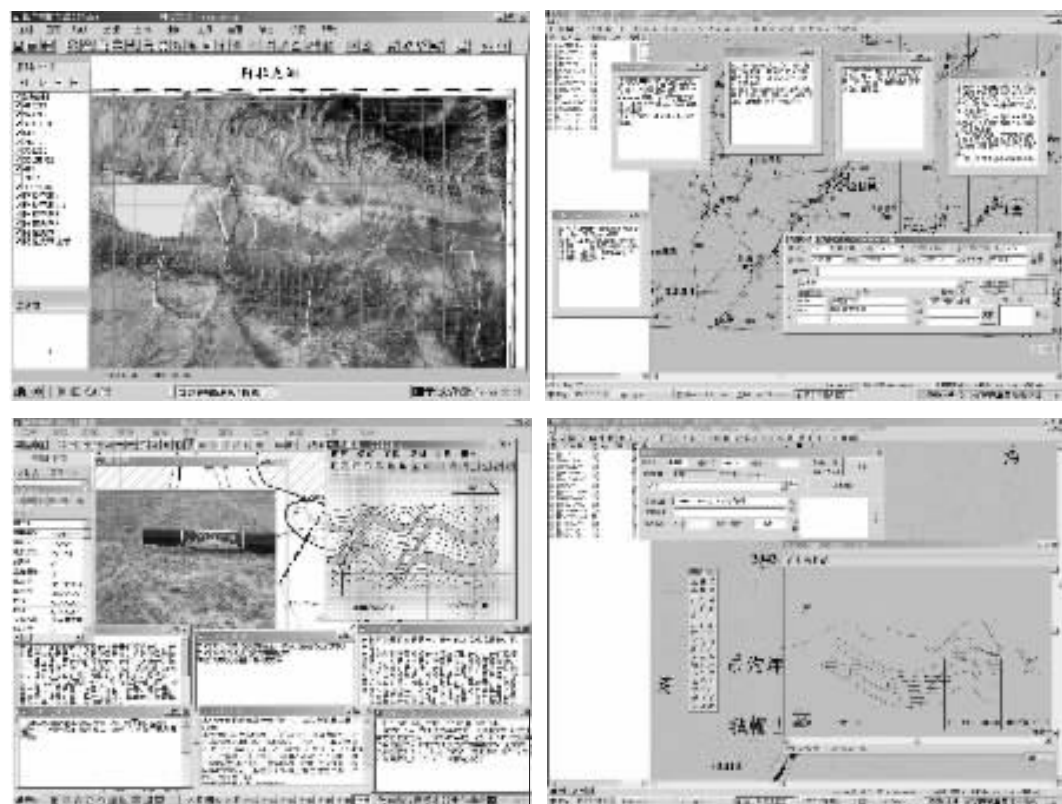


图5 PRB数据——野外记录、素描、照片数据的交互操作

Fig. 5 Interprocess of PRB data including field records, sketches and photoes

到区域地质图成果的提交,其野外路线观测所获得的各种数据和信息流向是从野外手图到野外总图,然后从野外总图到实际材料图,最后从实际材料图到编稿地质图。

在 PRB 数字填图技术的研究中,其原则是用新技术、新思路、新组织形式对野外路线观测的地质内容进行数字化采集,利用计算机技术与 GIS 技术来检索、提取、分析和归纳和处理地质信息。在符合传统地质填图的基本规律、满足地质调查总则和有关技术要求的基础上,进行一次性野外数字化录入、数据处理、编图和输出全过程信息化。根据这一原则,设计了 PRB 过程数据流“栈”模型。

(1) 设计了原型库、背景图层、PRB 图幅库、野外手图库、实际材料图、采集日备份数据流“栈”(图 6),用于不同 PRB 阶段数据存放、交换和传递。(2) 原型库“栈”用来存放 PRB 数据原型模型,原型模型是定义野外数据采集图层与属性数据库结构,是一个没有记录的文件。通过它与背景图层“栈”可以创建任一图幅的 PRB 图幅库数据“栈”。(3) 背景图层“栈”是用来存放地理底图及本图幅收集并已经数字化的各种地学资料。该背景图层“栈”与原型库“栈”组合创建任一图幅的 PRB 图幅库数据“栈”。(4) PRB 图幅库“栈”是由背景图层栈与原型库“栈”组合创建数据“栈”。该数据“栈”不仅存放地形图、野外地质数据采集图层、地球物理、地球化学和遥感等数据,而且还存放了合并后的野外手图的采集数据,相当于传统的野外总图。同时,野外手图库“栈”需要 PRB 图幅库“栈”的数据来生成。(5) 野外手图库“栈”是由 PRB 图幅库“栈”的数据生成。它有两方面作用:一是利用 PRB 图幅库“栈”来生成每一条路线的野外手图;二是接收经过在野外数据采集系统采集的数据,该数据在导入数字填图系统时,已经解压还原(由 Windows CE 系统转成 Windows 系统)。野外手图按路线存储。数据包括野外观测数据、素描、照片等。(6) 采集日备份“栈”是野外手图库“栈”的数据备份。但不同的是,该数据的备份是野外数据采集系统的直接备份,即没有解压还原。(7) 实际材料图“栈”由 PRB 图幅库“栈”的数据生成,同时还增加了 3 个新图层,即地质点、线、面,用于连图。虽然野外手图库“栈”也是由 PRB 图幅库“栈”的数据生成的,但二者是有区别的。实际材料图数据“栈”包括 PRB 图幅库“栈”所有野外手图的数据,而野外手图数据“栈”仅包括 PRB 图幅库“栈”中的地形图、野外数据

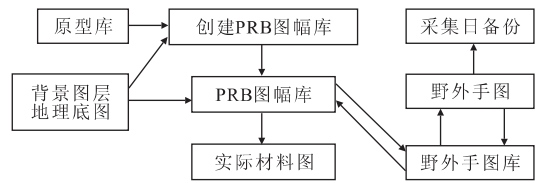


图 6 PRB 数字填图数据流“栈”模型

Fig. 6 Data flow stack model in PRB digital mapping

采集图层结构和所需的地球物理、地球化学和遥感等数据。

5 结语

(1) 建立了数字区域地质调查的 PRB 数字填图技术理论与方法体系。从地质填图的野外数字化获取技术及其成果的一体化描述、组织、存储和发布,论述了数字地质填图定义及其研究内容。通过把野外路线观测描述的地质现象的复杂过程抽象为 PRB 过程,实现了野外路线观测过程的数字化描述。利用 PRB 的各种操作,可快速、准确地采集、采集各类复杂的地质现象。基于 UML 技术建立了数字填图计算机系统,实现了 PRB 数字填图体系系统软件。(2) 从地质填图空间数据的概念模型、地质空间实体模型、地质空间对象模型、空间要素模型、对象的分类、地质实体空间对象的定义,确定了以地质实体要素数据模型作为地质图空间数据模型的基础,并提出了把地质图空间数据库的图层从物理的数据模型转向概念模型的地质填图空间数据表达。(3) 论述了 PRB 的基本过程,支配这些过程组合的规则及运用整个 PRB 过程的公共机制 3 个主要要素。建立了三级 PRB 过程体系、PRB 数据质量定量评价体系,规范了地质填图过程的描述与进程。(4) 论述了 PRB 数字填图技术的 PRB 数据流“栈”模型,采用原型库、背景图层、PRB 图幅库、野外手图库、实际材料图、采集日备份数据流“栈”,解决了不同 PRB 阶段数据的存放、交换和传递。

在本项目研究及试点图幅野外 PRB 数字地质填图工作中,自始至终地得到国土资源部中国地质调查局领导和有关处室(总工办、区调处、信息处)、中国地质调查局发展研究中心、国土资源部科技司、中国地质大学(武汉)地质调查研究院、福建省地质调查院、黑龙江省地质调查院、广西壮族自治区地质调查院、青海省地质调查院和成都地质矿产研究所

的大力帮助和支持。在此,特向上述单位的专家和领导表示敬意。

参考文献:

- [1] Gregory J W. Geological mapping and collection of geological structure data with a GPS receiver and a personal digital assistance (PDA) computer [A]. Digital mapping techniques'99—workshop proceedings [C], 1999. 127—131.
- [2] Robert J K, Curtis C A, Daniel O N, et al. Review of digital mapping techniques; the Illinois experience [A]. Digital mapping techniques'97 [C]. [s. l.]: [s. n.], 1997.
- [3] Brodaric B. Field data capture and manipulation using GSC Fieldlog v3. 0 [A]. In: Soller D R, ed. Digital mapping techniques'97—proceedings of a workshop on digital mapping techniques [C]. [s. l.]: [s. n.], 1997. 77—81.
- [4] Rogers N, Brodaric B. Spatially linked relational database management of petrology and geochemistry using Fieldlog v3. 0; a worked example from the Bathurst mining camp, New Brunswick [R]. Current Research 1996-E, 1996. 255—260.
- [5] Williams V S, Selner G I, Taylor R B. GSMCAD, a

- new computer program that combines the functions of the GSMAP and GSMEDIT programs and is compatible with Microsoft Windows and Arc/Info [R]. US Geological Survey Open-File Report 96—007, 1996. 18.
- [6] Blewett R S, Hazell M S. Digital on-site capture using an Apple Newton palmtop computer [R]. Canberra; Geological Society of Australia Abstracts No. 41, 13th Australian Geological Convention, 1996.
- [7] Murray H, Richard B. Accurate and efficient capturing of field data for integration into GIS—a digital field NotePad system [A]. In: Forum proceedings of the third national forum on GIS in the geosciences, 19—20 March [C]. AGSO Record, 1997, 36: 90—97.
- [8] Ryburn R J, Bond L D, Hazell M S. Guide to OZROX-AGSO's field geology database [M]. [s. l.]: Australian Geological Survey Organization Record, 1995. 79.
- [9] Blewett R S, Hazell M. User's guide to MapPad and AGSO Fieldpad for the Apple Newton palmtop computer [M]. [s. l.]: Australian Geological Survey Organization Record, 1997. 10.
- [10] Blewett R S. The AGSO field geological notebooks—a user's guide [M]. [s. l.]: Australian Geological Survey Organization Record, 1993. 46.

Research on PRB Digital Mapping Techniques

LI Chao-ling¹, YU Qing-wen¹, YANG Dong-lai¹, QIU Li-hua¹, ZHU Yun-hai², GE Meng-chun²

(1. China Geological Survey Bureau, Beijing 100035, China; 2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: To deal with the problems and present situation of field data capture by computer in geological mapping in 20 years, this paper has created PRB digital mapping techniques to standardize the digital mapping process and discussed PRB mapping technique-method system, including PRB digital mapping techniques, the model of PRB data and the related process, combinational regulations of PRB process, common mechanism and basic procedure of PRB process, data processing and dictionary of PRB, three-class PRB system, data flow stack and quantitative evaluation of PRB data. PRB digital techniques, based on establishing the expression of spatial data in mapping, complying with regulations of traditional mapping, and describing the spatial relationships among different kinds of geological information, will not only meet needs of computer operation, but also ensure geologists to collect geological observational data comprehensively and accurately. Meanwhile, they also satisfy the thoughts of geologists.

Key words: geological mapping; PRB digital mapping technique; PRB data model; basic process of PRB; PRB dictionary.

Gansupora 在四川九寨沟地区含火山岩地层中的发现及其意义

王治平, 赖旭龙

(中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074)

在四川九寨沟风景区隆康、塔藏一带, 发育一套由砂岩、板岩、碳酸盐岩、放射虫硅质岩组成的地层, 其中夹有中基性火山岩及凝灰岩. 漳腊幅 1:20 万区域地质调查报告及四川省地质志中均将这段地层定为中三叠统. 赖旭龙等^[1]1991 年在进行扬子地区生态地层学研究时, 在这段地层内采得丰富的牙形石标本, 经杨恒书等^[2]研究, 发现大量以 *Palmatolepis marginifera* 等为代表的晚泥盆世牙形石动物群, 从而认定这段地层的时代属晚泥盆世.

近年, 笔者等再次对这段地层进行研究时, 于隆康一带灰岩夹层中发现保存完好的化石标本, 经鉴定有床板珊瑚 *Gansupora* cf. *minbaogouensis* Z. Q. Zhang, *Gansupora* sp., *Pachyfavosites gansuensis* Z. Q. Zhang, *Pachyfavosites* sp. (图 1) 及腹足类 *Muchisonia angulata* 等. 其中 *Gansupora* 系张祖圻^[3]始建于甘肃文县地区泥盆纪地层, 属早泥盆世晚期. 其特征是个体细小 (个体直径恒小于 1 mm), 体壁薄, 原壁微细构造属羽针型, 联接管发育, 且纵向排列成行, 床板复杂, 轴管发育. 此前, 这一属仅出现于南秦岭甘肃文县地区的岷堡沟组. 与之共生的化石除时代仅限于早泥盆世的 *Neotroedssonites* 之外, 还有 *Squamesofavosites* 及 *Mesofavosites* 等属的早泥盆世种群. 此珊瑚今见于四川南坪九寨沟, 是文县岷堡沟以外地区的首次发现 (曹宣铎函告, 此属在若尔盖地区也曾有发现, 但未见刊出). *Pachyfavosites gansuensis* 的时代为早泥盆世—中泥盆世艾菲尔期, 出现在甘肃文县、碌曲等地岷堡沟组和当多沟组.

以 *Gansupora* 为代表的这一动物群的发现, 有以下问题值得讨论. (1) *Gansupora* 的时代. *Gansupora* 一属最初发现并建立于早泥盆世地层. 迄今已有 *Gansupora multis pinosa* Z. Q. Zhang, *G. mul-*

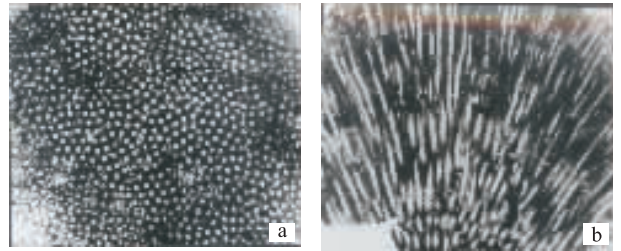


图 1 四川九寨沟地区泥盆纪 *Gansupora minbaogouensis*
Fig. 1 Devonian *Gansupora minbaogouensis* collected from Jiuzhaigou area, Sichuan Province
a. 横切面; b. 纵切面

tisolenia formis Z. Q. Zhang, *G. intermediate*, Z. Q. Zhang, *G. emsica* Z. Q. Zhang, *G. minbaogouensis* Z. Q. Zhang, *G. variabilis* Z. Q. Zhang, *G. wenzianensis* Y. X. Li 等 7 个种, 均产于同一地区的早泥盆世. 而今在九寨沟地区, 出现于含晚泥盆世牙形石的一套地层中, 由此对其产出地区和时代分布提供了新的信息, 即这一珊瑚化石的分布范围可以更广, 已扩展到南坪地区; 其时代, 尽管最初发现于早泥盆世, 但未必一定局限于早泥盆世, 既然有晚泥盆世牙形石的存在, 表明此属或许可延伸至晚泥盆世. 就其构造来看, 与在文县地区共生的同系列类型 *Neotroedssonites* 相比, 床板更复杂, 轴管更发育, 具有更进化的特征, 因而认为 *Gansupora* 是由 *Neotroedssonites* 演化而来^[3]. 若如是, 则 *Neotroedssonites* 的时代属早泥盆世, 而 *Gansupora* 延伸至更新的时代是可能的. (2) 区域地层的时代归属. 九寨沟地区含中—基性火山岩的砂岩、板岩及碳酸盐岩地层, 在南坪塔藏、松潘漳腊一带, 沿荷叶断裂、岷江断裂分布. 前人对这套地层曾给予了不同的含义和名称. 甘肃区调队称之为黑河群和博峪河组, 归于二叠—三叠系. 四川二区测队先后将其划分为菠茨沟组及扎尔山组, 分属于早、中三叠世. 四川区调队曾建隆康组将其归入拉丁阶. 四川地质志建

收稿日期: 2003-2-18

基金项目: 教育部博士点基金项目“四川南坪地区海相火山岩时代及构造环境研究”(No. 1999049106).

(下转 430 页)