

数字填图技术的研发之路

——地质调查野外数据采集系统及其应用推广

李超岭¹ 于庆文² 杨东来¹ 张克信³

(1 中国地质调查局发展研究中心, 北京, 100037; 2 中国地质调查局, 北京, 100011

3 中国地质大学, 武汉, 430074)

摘要

作为一项复杂的系统工程, 数字填图技术及其应用研究工作, 以野外地质数据获取过程的数字化为核心, 创造性地提出了 PRB 数字填图理论与技术方法, 使数字填图技术进入实用阶段, 开创了地质工作现代化进程的新局面。本文介绍了在研发数字填图技术过程中的科研群体、研发思路、开发途径、信息化管理理念及成果转化等方面的经验。

关键词: 数字填图、研究开发、推广应用、地质调查

引言

信息技术正以前所未有的速度逐渐改变着人们的生产方式、生活方式和思维方式, 信息技术也正在支撑和加速推进地球系统科学的发展和地质工作的现代化。中国地质调查局审时度势, 从成立伊始就将信息化建设作为重要的工作之一。

根据国家地质工作主流程信息化要求, 中国地质调查局、国土资源部自 1999 年开始, 组织实施了一系列数字填图技术及其应用的研究、攻关和试验工作。中国地质调查局、中国地质调查局发展研究中心在实施此项工作的过程中, 精心组织、统筹安排、科学部署、稳步

[地调项目] 数字填图野外示范, 200313000042。

第一作者简介: 李超岭, 1957、男、研究员、博士、地质领域计算机应用、Lchaoling@mail.cgs.gov.cn。

推进,组织精干的科研技术人员自主开发研制了面向野外地质调查的数字填图技术—“数字区域地质调查系统”,于2004年在全国区调工作中全面推广应用了数字填图技术,使数字填图技术进入实用阶段。以此为契机,启动了地质调查其它领域的数字化技术研究与应用,开创了地质工作现代化进程的新局面,为国家地质工作信息化建设做出了积极贡献。

数字填图技术研发和推广应用的成功,使我国区调工作从根本上突破了传统的工作模式,实现了区调全过程数字化,增强了地质调查成果的表达,拓宽了公益性基础地质调查的服务领域,形成了面向地质调查、符合区调工作特点的综合信息平台。作为一项复杂的系统工程,数字填图技术及其应用研究工作的成功自始至终得到了国土资源部、中国地质调查局各级领导的关心及政策、资金、设备等方面的大力支持;中国地质调查局相关业务处室进行了大量的指导和协调工作,建立和完善了项目研发、试验和推广应用的良性工作机制;项目研发人员和野外填图人员紧密配合,发扬勇于探索、不断进取的创新精神,形成了一支研发、试验和应用的科研团队,为实现科技创新奠定了人才基础。

实用化数字填图技术研发与推广应用试验研究工作历经了从软硬件系统研制中关键技术的突破、试点应用试验过程中系统的不断优化完善、到最终数字填图技术全面推广应用而成为国家地质调查中的实用技术,走了一条实用化技术研发及推广应用的成功之路。回顾数字填图技术由开发研制到试验定型、从而成为实用技术的工作历程,总结中国地质调查局、中国地质调查局发展研究中心组织、实施、管理该项目的成功经验,可以概括为:锐意创新、积极进取的科研群体,瞄准科学技术前沿、突破关键技术的研发思路,系统研制与图幅实践

紧密结合的技术开发途径，以及统筹规划、高层协调的信息化管理理念。

1. 锐意创新、积极进取的科研群体

通过多次与国内外相关单位与专家的学术交流，越来越多的国内外地质学者和地学部门认识到，研究和应用数字填图技术，可以建立实际的可用于解释原始数据文档资料、提高 GIS 应用的范围、更好的支持 RS 应用、有利于知识研究过程的延伸、更好的满足公众对数字地质科学信息的需求，极大的提高地质调查的精度和为社会提供服务的能力。

有了这样的认识，中国地质调查局从成立伊始就把数字区域地质调查野外数据采集作为地质调查全过程信息化瓶颈的突破口，成立了研究与生产部门密切结合的数字填图技术项目组。高素质的科研队伍是创新性科技攻关的根本保障，科研群体所具有的创新与进取精神为科技攻关提供了源源不断的创造动力。在数字填图技术项目组聚集了一批事业心强、富于创新的地质矿产、计算机、信息、管理等各领域的专家、学者、野外地质工作者和研究人员，各路专家紧密合作形成了一支锐意创新、积极进取的科研群体。在项目研发和推广应用过程中，他们突破已有研究模式，不满足于现有的研究基础、不停留在已取得的成果、不局限于软件设计层面，开拓了一系列创新性研究领域。

项目研究的初期，数字填图技术研发科研群体突破以往野外数据采集研究以二次数据输入和结构化数据采集为主的研究模式，根据区域地质调查的规律，提出了基于野外地质调查过程的数字化野外数据采集方式，使之更加满足地质调查需要。项目研发的科研群体从系统

工程出发，没有将研制工作仅仅局限于软件设计层面，而是从地质填图中应用计算机野外数据采集技术入手，在确定地质填图空间数据表达的基础上，遵循地质填图的规律，在不约束地质工作者地质调查思维的前提下，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，并以此提出了具有我国地质调查特色的、面向野外区域地质调查的数字填图理论与技术方法。在项目研究取得了阶段性进展后，项目组没有停留在已取得的成果上，而是在试点应用和实验的过程中，根据野外填图实践状况，及时优化和完善系统功能，将系统软件从 1.0 版优化升级到 2.5 版、3.0 版本。

几年来，我们深深感到，一个坚实的成果需要优秀人才组成的团队经数年甚至数十年艰苦的工作才能完成，所以团队建设非常重要。在项目研发与试点阶段，一个由主管部门业务领导、项目开发单位负责人、大学教授、试点单位业务骨干、工作几十年的老区调同志以及不同阶段软件项目开发人员是在数字填图系统开发研制过程中形成的一个团结合作的团队，在工作中，不分你我，顽强拼搏，百折不挠，目标只有一个，就是完全实现数字区域地质调查。不知有多少回，为了一个技术问题，一种业务模式，一个操作步骤争红了脸，但愈争愈团结、愈争目标愈明确。可以说 8 年磨一剑，在研究中建立地质调查数字化信息采集项目开发团队的特色，一体化管理与生产部署、组织、开发、推广应用与技术支持又是本项目另一道风景线。

2. 瞄准科学技术前沿、突破关键技术的研发思路

项目研究伊始，国内外已经在野外数据采集数字化领域开展了多项研究，并研发了野外数据采集软件和系统。如国外早在 20 世纪 80 年代中期就开始研究野外地质数据采集的计算机化问题，像加拿大

1991年开发的FieldLog系统,美国90年代开发的GSMCAD软件,1998年地质调查所采用的PDA数据采集软件,澳大利亚90年代开发的AGSO FieldPad及REGMAP系统等。而我国也在八五、九五期间开展了计算机辅助1:5万区域地质填图系统、计算机辅助1:5万区调工作方法试点及1:5万计算机辅助制图工艺流程等研究。如何确保项目研发的起点高、技术含量新,则是当时摆在项目组面前的一项挑战。在充分研究国内外研究现状和深入分析技术发展趋势的基础上,项目组果断提出了瞄准当前科技前沿、突破关键技术的研发思路。

地质调查的基本工作方式是野外地质观察,文字描述和图件是其调查内容的主要表达方式,对其数字化难度大,常常构成制约地质调查全过程信息化的瓶颈,也是国内外数字化填图研究的前沿领域。项目组瞄准野外数据采集技术这一科学技术前沿,进行了原创性研究。从地质调查源头出发,以野外地质数据获取过程的数字化为核心,研究数字地质填图的理论与技术方法,创造性地提出了PRB数字填图理论与技术方法。通过多年的探索与研究,在确定描述粒度、空间粒度和存储粒度的分割技术的基础上,丰富和完善了地质调查与填图野外数据获取技术核心技术:PRB数据模型和PRB过程。目前三种粒度的分割技术引起了国外研究的重视和讨论。描述粒度、空间粒度的分割技术是地质调查与填图的野外地学空间数据的获取---数字地质调查技术的精髓和核心,是区别数字填图技术平台与应用程序的重要标志。

在完全实现了野外路线观测过程的全数字化描述的基础上,以当前第三代地理数据库模型,通过PRB数据流“栈”与不同阶段数据模型的关系,创建了PRB数据流“栈”与不同阶段数据模型继承和传递的技术,实现了最终解释成果表达与空间数据库建库。建立了野外路线数

数据库、野外总图数据库、实际材料图数据库、剖面数据库、地质图空间数据库,同时创建了不同阶段数据库的互通。真正实现了区域地质调查全流程的一体化数字化。

中国地质调查局研发的 PRB 模型独具一格,其明显的优点在于 PRB 模型与比例尺无关,可以采全采准野外数据,不仅满足区域而且可以满足大比例尺地质填图,同时为相关野外数据采集提供了参考理论模型。

野外数据采集设备与技术是野外地质调查数据获取的基础,同时也是数字填图系统研发的关键技术。项目组及时跟踪野外数据采集技术的最新进展,对各类掌上机和平板电脑进行了性能、稳定性和野外环境适应性等方面的测试和实验,将 GPS 与野外数据采集器集成和一体化,研制了能够实现数字填图 GIS 基本功能的野外数据采集系统,通过比较、优选和定制,研发了适应野外工作环境、功能强、运行稳定的新一代野外数据采集器。

3. 系统研制与图幅实践紧密结合的技术开发途径

数字填图技术研发涉及了不同的研究领域与不同的专业门类,综合性和系统性要求高。针对部门多、跨行业等研发中的现实问题,数字填图技术走了一条系统研制与图幅实践紧密结合的技术开发途径,保证了系统开发与应用的顺利展开和实用。

为研制开发出能适于不同类型地质地貌单元、满足区域地质调查工作的数字填图系统,在中国地质调查局局领导的大力支持和有关业务处室的指导、协调下,项目组针对各个图幅的特点,明确了各自研究重点,并对图幅完成的进度作了充分考虑。按照不同地域自然地理条件、区域地质调查特点及研究内容,自 2001 年-2003 年有针对、

分步骤地部署了不同类型特点 4 幅 1:5 万、9 幅 1:25 万数字填图图幅，进行了区域地质调查全过程试验应用研究，对保证数字填图系统研制和能够“实战”起到了关键作用。

在全程数字填图试验期间，系统的研制和优化完善工作是实践—认识—改进—再实践—再认识—再改进的试验过程，各图幅付出了超出常规的工作量。各图幅在明确研究任务的基础上，反馈修改和建议信息达 5 百多条，为数字区域地质调查系统软硬件完善和提高起到重要作用。随着系统的研制，项目组与填图人员建立了有效的技术合作机制与通畅的技术支持、交流网络。项目研发人员经常深入野外生产一线，现场确定方案，及时解决所遇到的问题。自 2000 年至今项目组地质人员与计算机开发人员共赴野外现场进行试验、问题处理和系统优化改进 30 余次。

在不断优化和完善数字填图系统，满足区域地质调查工作需要的基础上，项目研发人员和填图工作密结合，开展了地质与地球物理、地球化学、遥感等多源数据整合研究。在提高区域地质调查研究程度的同时，拓宽其研究内容和服务领域，探讨成果的表达方式，使数字填图技术应用工作更加系统和规范。并及时总结各图幅的应用成果，编制出相应的数字填图技术应用培训教材，促进了数字填图技术在全国的推广应用。

多年来项目组根据应用图幅反馈的建议，及信息技术进步带来的成果，不断优化改进已有的采集系统，在不同时间段都留下了相关的印记。在 2000 年发布了 RGMAP 1.0 版，2004 年 4 月发布了 RGMAP 2.5 版。根据野外路线数据库、野外总图数据库、实际材料图数据库、地质图空间数据库的一体化组织、存储、管理与互通的要求，于 2005 年 1 月发布了 RGMAP 3.0 版。

4. 统筹规划、高层协调的信息化管理理念

国家地质工作的信息化是一项涉及国家地质工作整个领域的系统工程，其内容涵盖了理论研究、技术开发和生产实践等诸多方面。中国地质调查局和中国地质调查局发展研究中心作为国家地质工作和国家地质工作的信息中心，担负着国家地质工作信息化建设的历史使命。新形势、新任务要求我们不断改进信息化管理工作，与时俱进，提高管理效率，为实用化技术研发和应用提供制度与机制上的根本保证。在数字填图技术研发和应用项目的实施中，中国地质调查局和中国地质调查局发展研究中心从国家地质工作信息化建设的高度，树立了统筹规划、高层协调的信息化管理理念，探索了一条高效的信息化技术研发与应用管理方式，极大地推进了技术研发与实用化的成功实现。

数字填图技术作为国家地质工作信息化建设的基础工作，从区域地质数据获取、信息处理、到成果社会化服务全流程信息化，包括了区域地质调查全过程，涵盖了地质工作的方方面面，是一项系统工程。走一般的技术研发与应用管理途径，管理环节繁杂、制约因素多、研发与应用脱节、成果转化程度低。中国地质调查局及发展研究中心统筹规划数字填图技术研发与应用试验工作，在项目部署和组织上，设置了配套项目和相应研究，完善了技术研发的领域。在项目的实施过程中，则根据技术研发进展，分阶段部署了若干应用图幅加以推进。

充分认识到新技术的应用和区调现代化的实现，不仅仅是简单的模拟传统工作方式，而是对以往区调工作模式的变革，涉及制定新的技术要求、规范新的工作流程、监控质量、培训人员、配置资源等许多管理行为，特别是高层次协调显得尤为重要。中国地质调查局及发展研究中心在项目管理中加强了高层次的组织与协调，首先是加强领

导，成立了中国地质调查局数字填图技术推广应用领导小组，建立了长效的信息化领导机制。其次，由中国地质调查局业务主管部门组织制订了工作指南、技术要求等规范，并在推广应用单位加以贯彻执行，指导和规范数字区域地质调查工作，起到了规范和统一推广应用工作的作用。

5. 注重成果转化，大力开展推广与应用

数字化填图技术是现代技术在传统地质工作中的具体应用，项目组深刻意识到推广应用新技术必须有主管部门领导的坚决支持，有了组织上的支持，还需开展广泛的新方法技术普及工作，为此项目组在地调局的支持下 2001 年开展了不同地质类型特点的 1:5 万 4 幅数字填图试点图幅、2002 年开展了 3 幅 1:25 万试点图幅和 2003 年 8 幅 1:25 万数字填图试点图幅的工作，在技术研发和技术推广等方面取得很好的成果和经验。

几年的研发及工作的经历告诉我们，60%以上的地质队员基本上没有计算机的基本知识或没有接触过计算机。我们感到面向野外一线地质队员的数字地质调查的培训和技术支持工作是一件迫在眉睫的大事，否则，可能由于技术培训的滞后导致高新技术应用的失败。在各级主管部门的具体安排和指导下，建立了中国地质调查局、地调中心、地调院三级推广应用培训体制，把学习班办到了野外一线、野外驻地或地调院本部，让每一个从事数字地质调查工作的同志都有机会参加一到二次的相关学习班，参训人员近 100%。并在此基础上全面总结 2002 - 2004 年进行的 4 幅 1/5 万和 3 幅 1:25 万示范图幅数字区域地质调查全过程，及时沟通示范图幅在野外实际应用数字填图系

统积累的经验和教训 ,及时加以归纳总结 ,并反馈到其它的新开图幅 ,为其它图幅 (共 48 幅) 提供范例。把数字填图工作做到了实处。

2004 年 , 相应技术要求和培训教材全面出台。为了配合数字地质调查项目的开展 , 根据地质人员对计算机掌握的情况 , 编制了全套的图解图示说明书 , 对野外一线人员迅速的掌握野外数据采集系统的操作提供了有利的帮助。

2004 年 6 月至 9 月在全国 6 个大区 , 分片分时对 400 多位野外地质调查技术骨干进行了系统培训 , 大小学习班近 10 次。逐步形成了一支高素质的数字填图队伍 , 为全面推广应用奠定了技术支撑和人力资源保障。

2004 年 11 月在昆明召开全国 1:25 万数字区域地质调查项目设计评审会拉开了在全国全面拉开数字填图的序幕。会议由中国地质调查局、成都、西安、南京、天津、沈阳和宜昌地质调查中心共同组织 , 来自全国 17 个省地调院和大学的代表共计约 90 人参加了会议。会议期间对在全国首批开展的 16 个 1:25 万数字区域地质调查项目进行了评审。目前采用数字填图技术的填图面积已达 79 万平方公里 , 标志着我国在区域地质调查中新技术新方法的运用进入到了一个新阶段。其将对建立我国基础地质图空间数据库和提高区域地质调查研究程度、拓宽服务领域等具有重要的意义。

结语

经过几年的研究与推广应用工作 , 证明了数字地质调查不是一个应用程序的简单应用 , 而是一个数字地质调查的综合性的平台 , 作为一个高新技术的平台 , 其应用的开展 , 带来的肯定结果 , 不仅提高一代地质人员的综合 (与其他高新技术的整合) 素质 , 而且将极大地提

高地质调查的精度和为社会提供服务的能力。相信在中国地质调查局的领导下,我国数字地质调查理论与技术方法的研发及其推广应用工作一定会继续走在世界的前列。

回顾过去,我们成果硕硕,展望未来,我们充满信心。国家地质工作信息化建设任重而道远,相信通过我们共同奋斗与不懈努力,必将促进国家地质工作信息化事业的蓬勃发展!

致谢

由于野外地质调查与填图数字化采集技术是把野外地质观测路线与实际材料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的复杂过程。要完成这个跨越过程,没有主管部门、领导、专家的关心和指导,是不可能完成的。在本项目的开发研究及试点图幅野外填图工作中,自始至终的得到中国地质调查局、中国地质调查局总工办、区调处、信息处、中国地质调查局发展研究中心及各处室、中国地质大学(武汉)地质调查研究院、成都地质矿床研究所、青海地调院、福建省区调队的大力支持。我们要特别感谢原中国地质调查局叶天竺局长、张洪涛副局长、王保良研究员、邱心飞研究员、邓志奇主任、严光生研究员等领导的关心和指导。其和日格研究员、陈克强教授、李晨阳高工、姜作勤研究员、徐强博士、李长安教授、吴信才教授、葛梦春副教授、王国灿博导、张智勇高工对该项目的开发研究及试点图幅野外填图工作给予了许多的可采纳的直接建议和方案。还要感谢一起工作的全体项目组的同志。