

数字化地质填图技术及实践教学方法探讨^{*}

张明华

(桂林工学院 资源与环境工程系, 广西 桂林 541004)

摘 要: 区域地质调查向着数字化、信息化方向发展, 高校地质填图实践课程也由传统方式向数字化方式转变, 在教学内容上要推陈出新, 兼顾传统地质填图理论和现代数字化技术方法, 在教学方法上要重视基础、因势利导、教学互动、完善考评, 提高学生的自主性和能动性, 让学生既能掌握地质学的基本原理、基本知识和基本技能, 又精通现代地学信息技术, 成为地学研究、新一轮国土资源大调查和“数字国土”工程建设所需要的新时代人才。

关键词: 地质填图; 数字化; “3S”技术; 实践教学

中图分类号: G642 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-1792 (2006) 01-0011-06

一、前 言

地质填图是基础性、公益性、战略性的基础地质工作, 它为资源环境的规划、管理、保护, 灾害防治、城市规划和建设提供最基础的地质地理信息, 开展数字化地质填图技术研究, 实现区域地质调查的数字化和信息化已成为当今地学研究的热点和难点问题之一。美国地质调查局将数字填图理论与技术方法的研究作为优先研究领域, 我国国土资源部和 中国地质调查局也将数字填图技术作为地学前沿研究领域之一进行重点立项研究。

传统的区域地质调查工作强度大、费用高、效率低、更新速度慢, 已经越来越不适应经济和社会快速发展的要求。自 20 世纪 60 年代以来, 国外相继开始利用遥感等技术方法进行区域地质调查, 以提高野外工作效率和速度。随着地理信息系统 (GIS) 技术的发展, 20 世纪 80 年代中期起, 加拿大、澳大利亚、美国等发达国家开始试验研究地质调查野外属性数据获取、管理的技术和方法, 开展计算机和 GIS、GPS 辅助下的野外地质调查工作, 用安装有野外数据采集系统的掌上机和全球定位仪 (GPS) 来采集野外点位、路线数据和属性数据, 加拿大、美国先后自主开发出进行野外地质填图的野外工作系统 (FieldLog) 和野外数字填图系统 (Digital Mapping System)^[1]。

我国在 20 世纪 70 年代后期开始应用计算机技术进行地质图件的编辑制图^[2], 90 年代中后期开始计算机辅助野外数据采集系统的研制工作^[3, 4]。中国地质大学开发出基于“多 S”集成的计算机辅助区域地质调查系统 (GeoSurvey)^[5], 中国地质调查局也研制开发出区域地质填图地理信息系统 (RGMAPGIS), 提出了从野外数据采集到室内数据综合

^{*} 收稿日期: 2005-11-12

作者简介: 张明华 (1965-), 男, 副教授。

整理再到彩色地质图编绘的一整套解决方案，在实际应用中取得了较好的效果^[6]。

区域地质调查的数字化是信息时代地学发展的必然趋势，为培养适应新一轮国土资源大调查和“数字国土”工程建设所需要的新时代人才，地质填图教学从传统方式向数字化方式转变也是势在必行，笔者就数字化地质填图技术、数字化填图的实践教学方法和容易出现的问题进行一些肤浅的探讨。

二、数字化地质填图的理论基础与技术

以地理信息系统、遥感技术、全球定位系统为核心的地学信息技术是实现地质填图数字化的理论基础与技术支撑。

（一） 遥 感（RS）

遥感（RS）是通过传感器获取目标物的电磁辐射信息和空间信息、并以数字或图像形式对这些信息进行收集、传输、存贮、显示与处理分析的空间信息技术。20世纪70年代以来，航天遥感和航空遥感技术取得了重大进展，遥感岩石学、影像地层学、遥感构造分析等遥感地学理论与方法使遥感技术在地质填图中表现出明显的优势，航天遥感技术可以从宏观上对影像岩石单元的识别和划分、遥感构造分析与遥感制图、遥感找矿及成矿预测等，而航空遥感技术则可以分析地质构造、岩性地层、蚀变岩和侵入岩体的局部和细节特征，通过遥感与地质、物化探等多源数据复合和综合解译分析还可识别出在地面调查中难以发现的地质现象，如基底或深部隐伏构造等。另外，通过数字图像处理技术可以提取各种需要的专题信息，并在计算机辅助下进行遥感地质解译和专题制图。实践表明，遥感技术可以指导区调工作的合理部署，对提高工作效率和区调质量，缩短填图周期，减少野外调查路线长度等具有显著的作用^[7]。运用遥感技术辅助野外地质填图已成为区域地质调查的重要技术方法之一，遥感地质解译与地质填图的一体化成为区域地质调查工作的一个重要组成部分。

（二）地理信息系统（GIS）

地理信息系统（GIS）是在计算机软硬件支持下，对空间数据进行采集、存贮、管理、分析和输出的信息系统，GIS是集计算机科学、地理学、测绘学、空间科学、信息科学和管理科学为一体的边缘交叉学科。区域地质调查的各种地学数据同时具有空间和属性特征，而且区域地质调查的信息量巨大，GIS是对这些海量的地学空间信息进行存贮和管理的最有效的工具之一，同时，GIS也是进行地学数据和信息采集及计算机辅助制图的重要手段。目前，GIS普遍被作为数字化地质填图的基本软件系统，或者用基于GIS系统开发的地质填图系统实施对各种地学空间数据库、数字地质图、野外路线数据库、图幅区调数据库等空间数据的入库、管理和数据标准化以及统计分析和地质制图等^[8]，而一体化的数字化地质填图是用基于嵌入式GIS系统和集成GPS功能的数据采集器及填图系统进行野外数据的采集和管理。近几年来，我国1:5万区调地质调查工作已初步实现了地质制图的数字化和数据库化。

（三）全球卫星定位系统（GPS）

全球定位系统（GPS）是由分布于轨道倾角为55°、轨道间夹角为60°的6个轨道上的24颗人造地球卫星网、地面控制系统、GPS接收机组成的，可以迅速精确地获取空间任意点的二维或三维坐标的无线电实时导航与定位系统。目前，空间轨道上的24颗卫星

已经基本覆盖了全球范围，可以在地球上任何地方、任何时间同时接收到 4 颗以上卫星信号进行定位工作。GPS接收机的一般定位精度为 300~500m，采用差分技术后，可以获取米至毫米级的精度。美国政府从 2000年 5月取消 SA政策后，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，完全可以满足区调工作中的地质观察点定位及路线导航精度要求。目前 GPS用于野外数据采集主要有二种形式，一是将 GPS通过硬件接口与野外数据采集系统的掌上机或便携机连接，另一种是 GPS与掌上机集成形成一体化的野外数据采集器。如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 iPAQ3850 GPS夹克等。

(四) “3S” 集成技术

RS、GIS和 GPS之间存在着密切的联系，彼此间相互支持，RS和 GPS是 GIS空间数据的主要来源，而 GIS是管理、分析和显示空间数据的工具，因而它们在硬件、软件技术上趋于整合和一体化。在区域地质调查中“3S”应用也向着整合和集成的方向发展^[9]，RS为 GIS提供地学空间数据和反映目标属性的专题数据及实现数据更新，GPS为 GIS获取路线地质调查中的地面控制点的坐标数据，GIS提供对 RS、GPS等多源空间数据的存贮、管理、处理、分析功能，辅助和提高地学遥感专题信息的空间分析能力，及实现专题成果或空间数据的可视化 (表 1)。

表 1 “3S” 技术在区域地质调查中的应用简表

GPS	GIS	RS
1 野外踏勘的定位	1 数字地面模型	1 断裂构造解译
2 路线调查导航及地质点的定位	2 地、物、化、遥与 GPS数据的管理	2 影像岩性识别与划分
3 物、化探工作的导航及定位	3 数据统计分析及图表制作	3 地质界线圈定与跟踪
4 遥感地面控制点的定位	4 专题信息的提取与专题制图	4 填图路线的辅助设计
5 剖面测制的定位	5 数字地质图的制图及输出	5 蚀变岩及矿化信息提取
6 标本样品采集点的定位	6 多源地学信息的综合分析	6 地质灾害及环境评价
	7 地质图的漫游、查询	4 GIS数据更新

区域地质调查中的“3S”集成技术包括硬件的整合和软件的集成两方面，目前还主要以软件的集成为主要应用模式。由于 RS、GIS和 GPS是以数据的获取、管理和分析为纽带紧密联系在一起，因而很容易在数据层次上实现三者的整合，目前软件层面上的集成也主要是以数据层次的集成为主要方法，而作为 RS、GIS和 GPS集成的高级形式——“3S”，在硬件上的整合和软件上的一体化集成还处于试验研究和应用推广阶段。

三、数字化地质填图的模式和方法

(一) 基于 RS的数字化地质填图

基于 RS的数字化地质填图，即遥感地质填图，是以遥感影像为主要信息源，以影像单元法、影像岩石单元法和单元一剖面法为填图的主体方法，通过对图像解译分析并结合野外调查验证来获取填图区地层、构造、岩浆岩、矿产等信息，并在 GIS支持下，进行专

题信息提取和制图的地质填图方法。遥感地质填图使区域地质调查最早实现了由传统的野外填图方式向数字化方式转变，对加快空白地区区调速度及提高填图质量具有重要作用。

我国早在 20 世纪 50 年代后期就开始在一些自然条件恶劣地区利用遥感图像进行区域地质调查，经过“八五”、“九五”期间的试点，使遥感技术手段在区调中得到普遍应用，在应用实践的基础上，2001 年中国地调局正式颁布了《1:250000 遥感地质调查技术规定 (DD2001—10)》，加快了我国基础性地质工作步入现代化、数字化的进程。

(二) 基于 GIS 的数字化地质填图

基于 GIS 的数字化地质填图是传统的区调方法与 GIS 技术相结合实现地质填图数字化的填图方法，也是目前我国地质部门普遍采用的数字区调方法。这种模式野外工作以传统的地质填图方法为主，辅之以 GPS 定位进行路线地质调查、地质填图，然后在 GIS 的支持下信息进行采集和数字化，及数据存贮管理、图形编辑及专题制图，实现区域地质图的数字化存储及输出。

(三) 基于“3S”的数字化地质填图

基于“3S”的数字化地质填图以数据为中心，在数据层次上将 GIS、RS、GPS 有机地结合到一起。RS、GPS 为数据源，通过 GPS 定位技术获取路线调查的点源数据，通过遥感综合解译分析提取区域岩石、地层、构造、矿产等的矢量化专题解译数据及多重空间属性信息，通过数据接口或转换工具转换为 GIS 数据类型进入 GIS 系统和建立区域地质数据库，而以 GIS 为管理分析工具实现从数据采集、存贮、制图输出的数字化及自动化。

这种模式能很好地发挥 GPS、GIS、RS 各自的技术优势，不需要特别的软、硬件系统支持，在普通 PC 机上就可实现 RS 与 GIS、GPS 的集成与整合，因此，在目前的实际应用中这种模式应用较多，也是数字化地质填图实践教学广泛采用的一种方法。

(四) 一体化的数字化集成填图系统

一体化的数字化集成填图系统是数字化地质填图的高级形式，GIS、RS 和 GPS 在硬件和软件层次上达到高度的集成和整合，使三者统一在同一物理硬件和同一个软件系统中，有统一的用户界面、工具库和数据库，真正达到三者合为一体。这种模式需要有特别的软、硬件系统支持，野外需要基于掌上机的集成化的野外数据采集器和集“3S”技术为一体的野外数据采集软件系统和填图系统进行图形数据采集、属性数据的录入，并对各种空间数据进行管理、分析和制图输出。

一体化的数字化集成地质填图系统在我国尚处于试验研究和推广应用阶段，其填图精度高、周期短、可操作性强，能快速地为各种地学应用、区域经济可持续发展提供基础地质信息和决策依据，极大地满足社会经济发展的需求，也必将成为未来数字化地质填图的主要方法。

四、数字化地质填图的实践教学方法探讨

为适应地质填图技术的数字化、信息化发展的要求，以中国地质大学（武汉）为首的部分高校地学类专业都开设了数字化地质填图的实践教学课程^[10]，以培养适应我国新一轮国土资源大调查和地学研究要求的现代化新型地学人才。不言而喻，随着技术方法的改变，地质填图教学难度也随之增大，教学内容上既要传统填图理论和现代数字化技术二者兼顾，不能偏废，方法上又要推陈出新，不能因循守旧。只有这样，才能保证教学质量

量,达到实践教学目的。在长期的地质填图教学实践工作中,笔者就教学中可能存在和容易出现的问题作几点探讨。

(一) 重视基础,练好基本功

数字化地质填图野外实践教学从教学内容上包含着传统地质填图理论方法与数字化地质填图技术两个大的方面,而传统的地质填图理论与方法是数字化地质填图的基础,也是实践教学非常重要的环节。通过野外实习让学生较全面掌握与之密切相关的普通地质学、地史古生物学、结晶矿物学、岩石学和构造地质学等各学科的基本原理、基本知识,培养学生观察、描述地质现象的基本技能是教学最基本的任务和目的,在此基础上进一步让学生掌握现代数字化地质填图的技术方法,造就现代地学研究新型人才,这才是实习的根本宗旨。离开了“三基”的数字化地质填图实习就好比是空中楼阁,学生往往是知其然不知其所以然,可以说这样的数字化地质填图变成了一场数字化游戏,难以达到实践教学的目的。

毫无疑问,野外岩石、矿物的识别,各种构造及地质现象的分析,罗盘及地形图的使用等是一切地质工作的基础,是从事地质工作必须具备的最基本的技能。如果不重视这些基本方法和基本技能的训练,野外数字化填图也无法开展,不能因为数字化填图就放弃了传统工具的使用,如罗盘、放大镜等,有的甚至实习完了连这些工具都不会操作,在我校早期的数字化填图实践中就出现过这种问题,因此,在教学安排上必须保证有足够的时间进行传统的地质填图理论和方法的训练,使学生打好基础,练好基本功。

(二) 循循善诱,正确引导学生的学习兴趣

由于数字化地质填图实习中广泛使用了GPS、数码相机、笔记本电脑或掌上机,学生对这些东西感到很新奇,且往往把兴趣都放在了这些新设备的使用操作上,而不重视传统的地质填图理论方法、基本技能的训练及工具的使用,教学中老师要及时引导,强调基础训练和学习的重要性和必要性,通过野外随时考查、不定期的现场考核等多种方式督促学生学习。由于数字化地质填图中点、界线的勾绘是在室内由计算机程序自动完成,或在电子手图上在计算机辅助下绘制,也很容易使学生忽略最基础的传统填图方法与技能如后方交汇、“V”字形法则等的使用。因此,在数字化填图过程中,特别在填图阶段,地质观察点的确定、地质界线的勾绘,一定要立足于传统的手工作业方式,在此基础上再进行数字化信息的采集,两种方法互为验证,互为补充。在实践教学过程中要循循善诱,避免顾此失彼,不得要领。

(三) 互动教学,调动学生的积极性和主动性

在地质填图实习中,教学互动对促进学生理解和掌握地质填图的基本知识尤其重要,教学中教师应通过设疑、提问等启发教学方式,引导和帮助学生积极思考问题,让学生主动参与教学过程,调动其积极性,同时也可从中发现学生实习中的问题,最后通过释疑、分析和总结以提高学生的认识能力。

但实习过程中大多数学生往往习惯于老师讲授、自己记录的单向的被动教学模式,这种教学方法会使学生养成不动脑筋的懒惰性格和过分依靠老师的依赖心理,而且往往造成填图阶段学生自己独立填图时,由于观察分析和动手能力差,离开了老师后感到很茫然和不知所措的极被动局面,不利于培养学生的实践能力。数字化地质填图从野外踏勘阶段、实测地质剖面到野外地质填图阶段,应是一个以老师为主导逐步过渡到以学生为主导的教

学过程,到最后的地质填图阶段学生才能独立完成填图任务,而这一转变需要教学双方互动配合和学生的自我训练,才能顺利地过渡到学生能够独立承担填图任务。在整个实践过程中,老师的因势利导促成学生角色的转换是关键,老师太教条和学生缺乏主动性都难以完成这一过程的转变。

(四)完善考核和成绩评定

数字化地质填图实习是在教师的指导下,学生运用课堂上学到的地质基础理论开展野外实践活动的一门课程,整个野外地质填图实践包括路线踏勘、测量地层剖面、数字化地质填图、专题研究等,在此基础上完成数字化地质图件的编制和区域地质调查报告的编写等工作,整个实践过程既有理论知识和研究方法的运用,又有观察分析能力的培养,还有图件制作技巧、文字表达的陶冶,更有计算机应用能力的磨炼,学生自身参与教学工作较多,实践性很强,学生的最终成绩的评定必须从多方面综合考虑。

为了客观地评定学生的成绩,应从野外实习态度、实践能力、各阶段考试成绩、图件编制和报告编写质量等方面全面衡量。为了对学生的实习进行全程跟踪和测评,在实习过程的重要环节和关键阶段应进行阶段性考核,如在踏勘和填图阶段分别进行踏勘考核和填图考核等。另外,要根据实习中踏勘、实测剖面、填图、报告编写等各阶段的实习内容和实习要求进行结构性评分,科学合理地确定各项成绩的权重因子,以定量评分取代定性考评,以各阶段成绩的综合评分取代以地质报告或单项考核作为最终成绩的评分方法,以保证考核的全面和合理,鼓励和保护学生学习的热情和积极性。

参考文献:

- [1] 李超岭.我国数字填图技术研究现状与发展趋势[J].新疆地质,2003,21(Suppl):1—6.
- [2] 邝生爱,陈显尧.微机图形图像处理系统在1:5万区调中的应用研究[J].现代地质,199,5,9(2):261—267.
- [3] 李超岭,杨东来,于庆文,等.数字区域调查理论与技术方法研究[J].计算机工程与应用,2001(20):43—47.
- [4] 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.
- [5] 刘刚,吴冲龙,汪新庆.计算机辅助区域地质调查野外工作系统研究进展[J].地球科学进展,2003,18(1):77—84.
- [6] 高山,冯光胜,张旺生.数字填图技术在区域地质调查中应用实例—以民和试点图幅为例[J].上海地质,2003(3):47—50.
- [7] 刘刚,于学政.浅谈遥感技术在1:5万区调中的应用[J].国土资源遥感,1997(1):14—19.
- [8] 姜义,赵宏伟.GIS在区调工作中的应用前景[J].中国区域地质,1997,16(1):69—74.
- [9] 薛重生,傅小林.“3S”技术整合在区域地质调查研究中的应用初探[J].地质科技情报,1997,16(Suppl):23—28.
- [10] 刘刚,赵温霞,吴冲龙.《区域地质测量计算机辅助技术》课程建设和教学模式研究[J].中国地质教育,2004(3):35—38.

(责任编辑:祖勤)