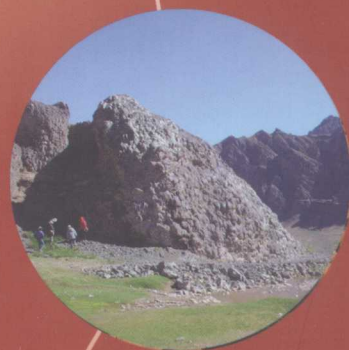
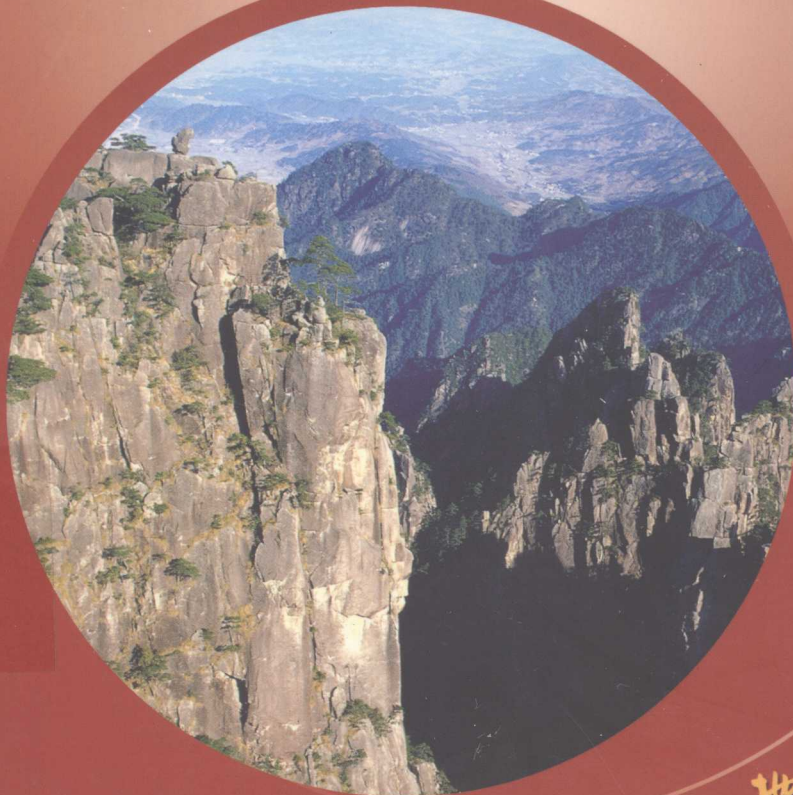
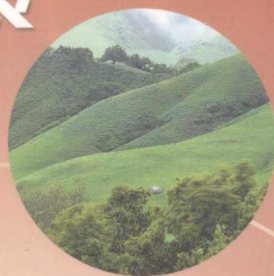


● 中国地质调查局“九五”期间区域地质调查成果丛书

二十世纪末 中国区域地质调查工作 方法新进展

中国地质调查局



地质出版社

中国地质调查局“九五”期间区域地质调查成果丛书

二十世纪末中国 区域地质调查工作方法新进展

中国地质调查局

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

中国地质调查局“九五”期间在全国共部署了849幅1:5万、9幅1:25万区域地质调查,在区域地质、矿产地质、旅游地质、灾害地质、农业地质、环境地质、区调工作方法等方面取得了一系列重大成果和经验,本套丛书即为系统总结。

本卷以项目组为单位,对全国“九五”期间区域地质调查工作方法所取得的新进展进行了全面总结,包括浅覆盖区、陆相火山岩区、海相火山岩区、不同类型侵入岩区、海岸带新生代沉积区、高原新生代区、东部第四系区、陆相盆地区、低级变质区、高级变质区、造山带区、复理石沉积区、层序地层、生态环境地质、变质核杂岩、城市地质区域地质调查工作方法等,以及新技术、新方法在区域地质调查中的应用等。本书可供国土资源管理部门、国土资源调查科研、生产人员,以及有关专业大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

二十世纪末中国区域地质调查工作方法新进展/中国地质调查局编. -北京:地质出版社, 2003.10

(中国地质调查局“九五”期间区域地质调查成果丛书)

ISBN 7-116-03901-5

I. 二… II. 中… III. 区域地质-地质调查-工作方法-进展-中国-1996~2000

IV. P562

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第087275号

20 SHIJIMO ZHONGGUO QUYU DIZHI DIAOCHA GONGZUO FANGFA XINJINZHAN

责任编辑:郝梓国 刘淑春 宫月莹 郁秀荣

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324557(编辑部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京中科印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm¹/₁₆

印 张:18.5

字 数:450千字

印 数:1—700册

版 次:2003年10月北京第一版·第一次印刷

定 价:58.00元

ISBN 7-116-03901-5/P·2408

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

中国地质调查局“九五”期间 区域地质调查成果丛书

编 委 会

主 编	张洪涛		
副主编	庄育勋	刘凤山	
编 委	陈克强	高振家	朱洪森
	包超民	谷永昌	翟刚毅
	王大可	伍光英	李 龙
	杜子图		

区域地质调查成果综合集成的重要意义

(代 序)

基础地质调查是各国政府经济、社会发展的最重要的基础性地质工作，各国政府对此项工作均十分重视，每年由国家财政预算予以保证。其中区域地质调查（以下简称区调）是基础地质工作中的基础。各国地质调查局（所）是各国区调工作的执行者和组织者。迄今已有 122 个国家成立了具有大致相同属性的地质调查局（所）（Geological Survey），其最基本的职能，就是按照国家利益及社会需求，组织承担本国陆上、海岸带和海域范围内系统性、奠基性的地质调查，以通过勘查地质资源，确定国家的财富增生潜力，并随着地质知识的增进和社会发展，使这类调查工作的技术及用途变得多种多样。

基础地质调查工作是按照一个约定的、基本的水平，采集、确定特定地区的资料，编制区域性地质图、地球物理图、地球化学图、水文地质图、各种地质模式等，综合出更加专一的组合资料或推演资料，其中包括选择重要课题进行开创性研究。

区域地质调查则是基础地质调查工作的核心内容，主要功能是对陆域和海底地质特征进行观测和记录，对现有地质单元进行研究和分类，将信息向深部推演以判断深部构造并依据所有信息进行检验，在资源潜在地区作尽可能详尽的基础性地质调查与评价，在国力允许、时机适当的时候，把疆域内优先度最高的地区覆盖完毕。区调成果是矿产地质、水文地质、工程地质、灾害地质、环境地质、地学研究等各项工作的依据，特别是中比例尺区调工作（如 1:20 万、1:25 万）的覆盖程度与工作水平，是衡量一个国家地质工作总体水平的标志，历来在各国占有重要地位。区调成果主要包括单幅的、区域的、全国的以及各种比例尺的图件和模型，并附有按国际惯例缩编的适当的地质单元分类。常规图件附有说明书的报告系列，包括对每个测区的地质情况和资源的描述。

我国最早的正规区调工作始于 1952 年地质部成立之时，自此我国区调工

作纳入了国民经济计划，在国家层面上组织编制完成了东部地区 1:100 万区域地质图及说明书；1955 年在新疆建立第一个中苏合作区调队，次年组建南岭、秦岭和大兴安岭 3 个中苏合作区调队，开展 1:20 万区调试点；1958 年开始，我国分省（区、市）组建专业区调队，到 1960 年，全国建立了 27 个省（区、市）专业区调队，大规模的 1:20 万区调工作由此展开；1983 年地质部开始部署 1:5 万区调工作；1996 年地质矿产部部署了 9 幅 1:25 万区调试点工作。至 20 世纪末，除西藏大部、新疆南部、青海西部及内蒙古东北部等地区外，我国累计完成 1:100 万区调 947.38 万 km^2 ，占国土面积的 98.7%；1:20 万中比例尺区调 691 万 km^2 ，占国土面积的 72.0%；1:5 万区调 164 万 km^2 ，占我国陆区面积的 17.0%；1:25 万区调约 14 万 km^2 ，占我国陆区面积的 1.46%。

与时俱进是区调工作发展的动力，也是国家形势的客观需求。一是地质队伍结构，已完成了从计划经济向社会主义市场经济的根本变革，由中央统管的全国近百万地质大军主体划归地方或走向企业化；二是运行机制，“三性”地质工作与商业性地质工作分体运行；三是服务对象，从单一的地质找矿向为国家经济社会方方面面服务转变，资源与环境并重；四是高科技向传统地质学渗透，数字化和网络化的洪流彻底改变了地质学的内涵和外延。因此，只有融与时俱进于区域地质工作，才能真正实现在思路、部署、管理理念、技术方法上的转变，才能使区域地质调查工作在建设具有中国特色社会主义的进程中起到“先行”和“贯穿”的双重作用。

世纪之交，国土资源部成立，我国地质工作进入了一个重大的转折期，国家地质工作的概念正式提出，区调工作也加大了改革的步伐。因此，从与时俱进的理念出发，区调的内涵必须予以全面更新：从过去以基岩分布区的区调工作为主，拓展到基岩与第四系松散沉积物区并重；从过去强调山脉和盆地，拓展到城镇化地区、人口密集区和重大工程建设区；从过去工作目标单一、“以地质找矿为中心”，拓展到以“资源安全”为核心的战略资源保证体系；从过去满足于自我服务、内部循环，拓展到为各级政府国土规划与整治工作提供综合支撑、向社会传播地质成果、地质信息和地学知识的全方位服务；从过去传统的技术方法，向实现在野外数据采集、储存、数据处理、成图的全流程数字化转化；从过去的传统地质报告成果，向提供专业型地学空间数据库及其普及

型地学延伸产品的双重目标转变。

在工作部署上，一是根据国际基本地形图系统数字化的新形势，决定全国中比例尺新测图幅从“九五”开始统一由1:20万改为1:25万；二是规范了由1:25万、1:5万、1:2.5万、1:1万比例尺构成的国家层次“野外填图”标准系列，厘定1:50万、1:100万、1:250万、1:500万比例尺构成的“研究编图”标准系列，建设国家级基础地质图空间数据库；三是加快1:25万区调的进度，明确提出“区调提速”的方针，力争于2010年实现我国中比例尺区调工作的全面覆盖，对全国尚存的155万 km^2 的中比例尺区调空白区（主要在青藏高原，部分在大兴安岭）加快工作部署；四是加大“3S”技术（GIS、GPS、RS）等高新技术研究、开发、应用的力度，启动区调工作主流程数字化、信息化、网络化的软、硬件研究，开展区调野外数据采集的微机辅助填图系统试验；五是与区调工作同步安排重大前沿攻关与方法试验项目，实现区调理论和技术的重大突破。

根据上述基本思路，“九五”期间，全国区调工作进行了全面的改革和调整，摒弃了“为扫面而扫面”的计划经济做法，而是围绕国家经济建设和社会发展，以1:25万区调为基本出发点，集成人、财、物优势，聚焦重大基础地质问题、重点经济区带的双重目标，部署了反映中国大陆特征的沉积岩区、变质岩区、侵入岩区、造山带区、新生代沉积区等1:25万区调图幅试点9幅，开展相应的新一代1:25万填图方法研究及技术标准指南的编制；对主要经济发展区带、重要成矿带及科学问题突出的地质单元安排1:5万区调849幅图，合计36万 km^2 。“十五”开始，按照国土资源部党组的统一部署，中国地质调查局对区调工作进行了全面加强和调整，组织中、东部地区24个地勘、科研、院校的精兵强将，奔赴青藏高原，2005年将全面完成青藏高原空白区1:25万区调工作，同时修测其他重点地区地质走廊，构成全国新一代中比例尺区调总体格架，建立和完善基础图件的更新机制；2008年前将依托地质走廊向区域拓展，分析、研究、综合前人资料和多幅联测，实现快速覆盖；2010年前全面完成1:25万中比例尺区调任务，提供我国第一套1:25万基础地质系列图件；在秦岭、天山、祁连、兴蒙造山带等关键地区，正开展一批国内外关注的热点或国民经济发展急需的重大地质问题的统一攻关，取得一批高水平专题性地质调

查与研究成果，以促进区域地质调查成果的深化和提高。几年来，可歌可泣的广大区调工作者跋山涉水，团结奋斗，用扎扎实实的步伐丈量着青藏高原这片神奇的地学“处女地”，谱写了一曲曲“三光荣精神”的时代赞歌。规范性区调“扫面”日益推进，新发现和新课题层出不穷，我国最大区调空白区的填补完成指日可待，青藏高原高水平整装研究成果即将破壳而出！

本系列丛书是对全国“九五”期间区调成果的系统总结，是“区调提速”战略中的阶段性成果，具有三大时代特色。首先是系统性，丛书全面总结了“九五”期间我国各省（区、市）区调工作，系统地反映了区调工作者的认识过程、思维特点、内涵信息等，有重点地反映了区域地层古生物、区域岩石、区域构造、区域资源分布等领域的原始资料和研究进展，总结并展示了具有我国独特的大陆造山带混杂岩带、传统的层序地层与非史密斯地层、复杂的区域变质变形等重大调查成果，其中太古宙古老变质岩系的解体、第四系泥河湾组古人类遗迹的发现、重要地质单元岩浆岩岩石谱系单位的建立、超高压变质带的最新研究成果是国内外地学界强烈关注的关键课题。第二是时代性，许多地质工作者在区调领域努力探索、实践温家宝同志“推进地质工作的根本转变，使地质工作更加密切地与国民经济与社会发展相结合，更加主动地为经济与社会发展服务”的指示精神，优先开展图幅所在地区经济建设与社会发展迫切需要的区域性调查工作，成功取得了吉林四平、浙江萧山等地区的农业生态环境调查，以及广州市城市地质调查、黄河源区生态调查、典型地区地质旅游资源等专项调查的成果与经验。第三是忠实性，本丛书系统地展示了大量野外地质观察第一手资料，注重地质事实的描述和地质作用演化证据的采集，野外实际填图资料、野外地质关系实际素描结果等十分丰富，重要的地层、岩石、构造、同位素年代学、地球化学等资料和数据均悉数收入，不但使重大地质问题讨论具有扎实的实践基础，而且提供了国内外地学进一步研究、思辨、讨论的延伸工作平台。从这一意义上说，本系列丛书是一套“纪实性”调查成果汇编，是一部论据充分的研究成果集锦。

特别要指出的是，本系列丛书还充分体现了区调工作的改革方向和发展趋势。如何服务国家目标，如何贴近社会需求，如何在资源与环境并举、当前与长远结合、多学科集成、跨领域综合等方面实现跨越式飞跃，我国区调工作者

进行了不懈的探索，并且已经取得了一大批阶段性成果。党的十六大报告中提出了“国内生产总值到2020年力争比2000年翻两番、综合国力和国际竞争能力明显增强、全面建设小康社会”的宏伟目标，许多社会问题如人口增长、城市化加剧、可饮用水、肥沃土壤的耗竭、废物处理、能源、矿产、减灾等对地质工作的需求大幅上升，地质成果为各级政府、企业、公民等用户的服务领域正在不断扩大，方方面面在呼唤地质工作成果、资料等基础数据的社会共享。无疑，推进“地质工作的根本转变”，实现两个“更加”，是国家区调工作发展的必然趋势，时代要求我们以“与时俱进”的理念、方法和措施，按照国家目标对区调工作战略目标和工作部署进行彻底的校正和调整。本丛书的出版发行，就是旨在弘扬地质工作两个“更加”精神，客观反映从地质实践中归纳、抽象、诠释出来的地质规律，让社会了解、检验我们对地球规律的认识成果。

本丛书的作者来自全国各省、市、自治区地勘单位、大专院校、科研院所，“九五”的无数个日日夜夜，他们跋山涉水，风餐露宿，付出了艰辛的劳动，因此本丛书来之不易，弥足珍贵。本丛书共分四卷，总字数230余万，包括：《二十世纪末中国各省区域地质调查进展》、《二十世纪末中国区域地质调查与研究进展》、《二十世纪末中国区域地质调查工作方法新进展》、《大别山及邻区地质构造特征与形成演化》，基本反映了“九五”期间我国区调工作的概貌，也从一定程度上折射出承担区调工作的地质工作者的敬业精神和创新能力。

本丛书即将出版，谨向长期战斗在区调第一线的全国广大地质工作者致以崇高的敬意！

张世得

二〇〇三年三月

前 言

“九五”期间原地质矿产部地质调查局在全国共部署了 849 幅 1:5 万区域地质调查 (面积约 36 万 km²) 和 9 幅 1:25 万区域地质调查 (面积约 14 万 km²)。经过全国地质工作者的共同努力,到 2000 年底全部完成了任务,在区域地质、矿产地质、旅游地质、灾害地质、农业地质、环境地质、区域地质调查工作方法等方面取得了一系列重大成果和重要经验。因此,有必要及时地总结这些成果和经验,这对于扩大区域地质调查工作在国民经济和公众中的显示度,促进新一轮国土资源大调查的整体水平与质量的提高,增强区域地质调查工作为国民经济和公众服务的意识和作用,发现一批重大基础地质问题突破点,为“十五”工作部署提供依据,提高重大基础地质问题研究水平等都是十分重要的。

中国地质调查局原局长叶天竺、副局长张洪涛十分重视本成果总结工作,在 2001 年 4 月 23 日的局长办公会上专门对此问题做了具体指示。

为了搞好本次成果总结工作,中国地质调查局基础调查部区域地质调查处于 2001 年 5 月 28 日至 29 日在国土资源部十三陵培训中心召开了全国“九五”区域地质调查成果总结工作部署会议。来自全国各省(区、市)地质调查院、各大专院校、各大区地质矿产研究所、各地区项目管理办公室、发展研究中心等单位 49 位代表参加了本次会议。会议期间,区域地质调查处向与会代表介绍了本次成果总结工作总体安排,经与会代表充分讨论,对共性问题形成了会议纪要,并以中地调函 [2001] 120 号文形式下发给有关单位。

在会议纪要中明确了本次总结的意义、内容、体例、格式和字数要求、组织形式、人员和时间安排等有关事项。

本次总结主要从 4 个方面进行:

第一,以各省(区、市)为单位,由本省(区、市)地质调查院对本省(区、市)“九五”期间区域地质调查所取得的新认识、新发现、新进展及存在的问题进行全面总结,包括地层古生物、区域岩石、区域构造、矿产地质、生态环境地质、灾害地质、农业地质、旅游地质、第四纪地质(古人类遗迹等)

等方面。

第二，以项目组为单位，对各省（区、市）存在的具有全国意义或区域意义的重大地质问题，在“九五”期间区域地质调查中所取得的新认识、新进展进行综合性专题总结，特别是针对工作区内有特色的重大地质问题、热点地质问题进行综合性专题总结。

第三，以项目组为单位，对全国“九五”期间区域地质调查工作方法所取得的新进展进行全面总结，包括浅覆盖区、陆相火山岩区、海相火山岩区、不同类型侵入岩区、海岸带新生代沉积区、高原新生代区、东部第四系区、陆相盆地、低级变质区、高级变质区、造山带区、复理石沉积区、层序地层、生态环境地质、变质核杂岩、城市地质区域地质调查工作方法等，以及新技术、新方法在区域地质调查中的应用等。

第四，以1:5万区调为基础，对大别山地区及邻区地质构造特征与形成演化进行了总结。

本次成果总结工作由中国地质调查局统一组织，在原局长叶天竺、副局长张洪涛、原基础调查部主任邱心飞领导下，基础调查部副主任庄育勋和原区域地质调查处刘凤山研究员具体承担了本次成果总结工作的组织协调工作，局发展研究中心李龙、杜子图给予大力的配合。陈克强、高振家等专家在百忙中审阅了部分文稿。

更为重要的是本次成果总结工作得到各地区项目管理办公室和各省（区、市）地质调查院、各有关科研院所及大、专院校的大力支持与重视，有些单位还专门成立了领导小组。所有这些可以从汇总材料的质量和-content上反映出来。

在具体汇总中，第一部分由刘凤山负责，对30个省（区、市）上报来的材料按要求进行了统稿。第二部分、第三部分由刘凤山、李龙、杜子图负责，对各单位上报来的130余篇文章进行了分类整理，并根据有关专家意见对文章进行了取舍、删减等工作。第四部分由汤家富负责统稿工作。

本次成果总结暂缺上海市、台湾省、香港特别行政区、澳门特别行政区资料。

本次成果总结得到广大地质工作者的支持，反映了“九五”期间区域地质调查所取得的成果，是集体智慧的结晶，值得广大地质工作者借鉴与参考。

目 录

区域地质调查成果综合集成的重要意义 (代序)

前 言

沉积岩地质调查

- 层序地层区域地质调查方法 陈建强等 (1)
- 层序地层学在 1:5 万广元市、朝天驿幅区域地质调查中的应用 邹光富等 (15)
- 陆相地层区域地质调查方法总结 刘文海等 (20)
- 陆相红盆区调工作方法 袁存堤等 (30)
- 陆相 (红色) 沉积盆地 1:25 万区域地质填图方法 黎汉明 (64)
- 海南岛陆相红盆区域地质调查工作方法 莫位明等 (73)
- 陆相红层填图方法研究
- “岩石地层-沉积体系-成因相”填图方法 刘登忠等 (82)
- 造山带复理石区填图新方法 戴宗明等 (92)

侵入岩地质调查

- 北京市花岗岩区 1:5 万区域地质调查总结 王增护等 (106)

火山岩地质调查

- 陆相火山岩区填图工作值得重视的几个问题 白志达等 (125)

海相火山岩区区域地质调查方法

——以新疆东准噶尔地区为例 李文铅等 (134)

变质岩地质调查

再论华南前震旦纪浅变质岩区调方法 章泽军等 (149)

构造地质地质调查

造山带区 1:25 万区域地质调查方法 张克信等 (155)

造山带及变质岩区的构造岩片多重分解综合复原法 严城民 (165)

第四系地质调查

泥质海岸带区域地质调查新方法

——浅表地层沉积序列法 王云生等 (174)

长江三角洲太湖平原第四系区区域地质调查方法 邹松梅等 (184)

1:25 万城市地区第四纪区域地质填图方法研究 黎汉明 (205)

新领域 新方法

大兴安岭浅覆盖区 1:25 万区调填图方法总结 周兴福等 (216)

浙江农业地质调查工作方法 with 经验的初步总结 罗以达等 (232)

论区域环境地质调查 庄文明 (237)

广西龙眼农业地质调查工作方法 黄志强等 (244)

区域生态环境地质调查方法研究 郭建强等 (247)

1:5 万区调中地质生态调查与研究 吴山等 (256)

区域岩石地层格架遥感解译方法及应用 刘登忠 (265)

旅游地质调查工作方法研究 郭建强等 (272)

沉积岩地质调查

层序地层区域地质调查方法^①

陈建强¹ 王训练¹ 胡树庭² 杜子图¹ 周洪瑞¹ 田明中¹

(1. 中国地质大学,北京,100083; 2. 山东省地矿厅地质调查研究院,潍坊,261021)

内容提要 在论述层序地层的优势和作用、层序地层与岩石地层之间的关系基础上,分析了现行“地质组图”的优势和不足,提出了层序地层填图的思路和方法,与岩石地层填图方法有机结合,以山东省 1:5 万文祖、淄川幅区域地质调查项目为事例,提出并实施了“层序-组图”双重填图的新方法。由于层序地层兼具有物理性地层单位和时间性地层单位的双重属性,层序地层的主要界线既是物理面,又是等时面,其横向的追踪可以不受具体岩性和化石内容的限制,层序内又具有沉积体系 (sedimentary system) 和沉积体系域 (sedimentary system tract) 的时空三维属性,因此,层序地层的应用,在阐明多重地层单位之间的关系,阐明岩石地层单位的穿时性、年代地层单位的跨时性、沉积环境相变的时代标定等方面都发挥了无可替代的作用。岩石地层填图单位图面表示组和段,层序地层表示层序和体系域,两者叠加组成“层序-组图”。通过综合研究,建立起层序-岩石地层格架和层序-年代地层格架,提高了地质图的信息,增强了地质图的理论和实际意义。

关键词 层序-组图 填图新方法 层序地层 岩石地层

随着社会的发展和科学技术水平的提高,区域地质调查研究工作在不断的深入。对沉积岩区来说,从史密斯 (W. Smith) 1796 年建立生物地层学研究方法和 1815 年首次填制了英格兰和威尔土地质图到现代地层学的多重地层划分及填制“地质组图”,地层学和地质制图学的理论和方法在这 200 年中经历了巨大变化和革新。20 世纪 90 年代北美石油地质界根据被动大陆边缘地震地层建立的层序地层学是地层学和沉积学发展史上的里程碑。目前,层序地层学的概念和体系已经日趋完善并在全球范围内广泛使用。层序地层研究领域已经扩展到各种构造古地理背景的陆相和海相沉积盆地、新一代区域地质调查和配合年代地层确立界线的研究方面。露头层序地层学及其应用于区域地质调查中是层序地层学拓

① 本文由以下项目联合资助:①原地质矿产部“九五”“1:5 万文祖、淄川幅区域地质调查项目”;②原国家科委“八五”重大基础科研项目(攀登附加)“中国古大陆及其边缘层序地层和海平面变化研究”;③科技部“九五”攀登计划专项“中国层序地层、地球节律和古大陆再造研究”(95-专-04)。

展的重要方面。新出版的中国地层指南及中国地层指南说明书作为有重要发展和有应用前景的地层学新分支学科和新生增长点^[1]。

“八五”期间,《沉积岩区 1:5 万区域地质填图方法指南》得到推广^[2]。指南主要是提出了沉积地层的多重划分对比、基本层序研究、地层格架研究的概念和方法。近年来,层序地层学研究方法得到广泛应用。露头层序地层学研究也已取得可喜成果。中国露头层序地层学研究,以王鸿祯院士为首席科学家完成的国家科委重大基础研究项目“中国古大陆及其边缘层序地层和海平面变化研究”和《中国层序地层》成果为代表。地层的成因研究和地层格架(岩石地层格架、层序地层格架和年代地层格架)的建立已成为沉积岩区 1:5 万区域地质调查中十分重要的任务之一。为了提高区域地质填图的理论水平和实际应用价值,我们选择在山东淄博一带开展 1:5 万区域地质调查作为层序地层学方法应用试点图幅,把层序地层学方法和科研成果系统地应用于 1:5 万区域地质调查中,包括地层剖面的研究方法、填图单位的改进、图面表示方法和成果表现等方面。

1 地层学研究思路和方法的历史回顾

沉积地层最早的概念是斯坦若(N. Steno, 1667)的“地层叠覆律”,其内涵是“沉积物呈毛毛雨式”的垂向加积作用。18 世纪后期史密斯(W. Smith, 1796)提出的著名的“化石层序律”。由“地层叠覆律”和“化石层序律”形成了以生物地层学核心的狭义(传统)地层学理论体系,其基本认识是地层“等时”和“加积沉积作用”。这一阶段主要是以生物地层学及其年代地层学占主导地位,而岩石地层学、沉积学及古地理学还未引起人们的充分注意。

从 19 世纪 70 年代至 20 世纪中叶,随着地层学研究从欧洲一隅扩展到全世界,不同地区的地层对比出现了困难和矛盾。19 世纪初格莱斯利(A. Gressly, 1838)详细追索了侏罗山三叠纪和侏罗纪地层的岩性和古生物特征的横向变化,提出了“相”的概念。瓦尔特(J. Walther, 1894)完善了相的概念,并提出了相变的思想 and 瓦尔特相(定)律。格莱斯利和瓦尔特的工作为沉积学和沉积古地理学的发展奠定了基础。

19 世纪中后期,美国地质学家已开始填绘岩石地层单位地质图。1894 年威廉姆斯(H. S. Williams)提出了岩石地层单位与年代地层单位不一致的双重划分方案。但一直到 20 世纪 50 年代(我国直到 70 年代)仍以生物地层和年代地层为主,填制的是年代地层单位地质图(系图)。70 年代提出了沉积作用模式(相模式)的概念和方法,这是沉积学发展的又一里程碑。随着沉积学和多重地层划分概念的推广,在国际地层划分分会(ISSC)的组织下,于 1976 年出版了《国际地层指南》^[3],其核心是多重地层划分和按岩石地层单位填图,标志着从传统统一地层划分(填制年代地层单位系图)到现代多重地层划分(填制岩石地层组图)。

20 世纪 70 年代地震地层学的出现,80 年代 P. R. Vail 等一批北美 Exxon 石油公司卡特研究中心的地质学家以地震地层学为基础,提出了被动大陆边缘层序地层学理论模式和全球海平面变化驱动机制的概念,标志着人们对地层的形成和成因达到了广泛的共识和深刻的理解。一是从传统地层学对地层的“一维”描述→瓦尔特相律和岩石地层穿时的“二维”认识→沉积层序和体系域配置的“三维空间”的认识;二是沉积作用从毛毛雨式的垂

向加积→空间相变与穿时→地层格架和海平面变化驱动机制的认识。从而将地层学与沉积学有机地联系在一起,使人们能够在等时地层格架内分析沉积相的纵向和横向变化规律;根据层序地层学的性质,重新厘定和优化争议较大的年代地层单位及其界线,对地层单位层型和界线层型(GSSP)(金钉子)的方案的建立或完善提供参考。层序地层学的出现是地层学和沉积学研究的重大里程碑。

地质填图方法的改进与地层学概念的发展是协同进步的。20世纪50年代以前是以生物地层及年代地层为中心的统一地层学(传统地层学)阶段,填制的是年代地层单位——“系图”。20世纪60年代以后,随着多重地层划分概念被广泛接受和更多强调地质图的实用(经济)价值和不变性(稳定性),普遍填制岩石地层单位——“组图”。层序地层学的推广和应用,我们提出将层序地层学与现行的岩石地层填图方法相结合,将实用性与理论性相结合,提出填制“层序-组图”的新方法尝试,试图赋予地质图更深刻的内涵和更丰富的信息。

魏家庸等^[2]出版的《沉积岩区1:5万区域地质填图方法指南》,以地层学和沉积学的新理论和新方法为指导,以地层多重划分为基本内容,以岩石地层单位(组图)和以基本层序研究为主体,提出了层序地层学在区调填图中的应用实例,是一项系统和重要的成果。目前,层序地层学已经扩展到新一代区域地质调查和配合年代地层确立界线的研究方面。

2 层序地层学的基本概念和主要术语

层序地层学主要研究由不整合面及其对应的整合面所限定的沉积地层的时空分布,及其与海平面变化的关系。层序地层学的基本单位是层序(sequence)。层序是由三级海平面变化旋回控制下形成的一套相对连续的、成因上相关的地层组成体。层序由体系域(system tract)和副层序(parasequence)组成。

根据形成时海平面变化特征可识别出3种层序界面和层序类型。I型层序界面(SB₁)及I型层序,该类型界面以地表长期暴露及河流回春作用相关的同期地表侵蚀作用和上覆地层向陆上超等为特征。I型层序界面是海平面下降速度大于盆地下沉速率,海平面降至沉积滨线坡折带所形成的层序界面。II型层序界面(SB₂)和II型层序,以地表短期暴露及沉积滨线坡折向陆一侧的海岸上超向下迁移为特征,靠陆出现上超。被解释为沉积滨线坡折上,海平面下降速率小于盆地沉积速率时形成的。III型层序界面(SB₃)及III型层序,该类型界面也称淹没不整合面或间断加深面,其特征是相当于凝缩段直接盖在下伏地层界面之上。这种间断-加深沉积构成了“cs+HST”的层序结构。这种凝缩段属于三级海平面变化旋回的快速上升所形成的“滞后沉积”,与凝缩段的定义有所区别。因此,界面上无明显的暴露证据,是一种突变的非沉积作用面,是由地质上瞬时的相对海平面快速上升形成的。由此界面向上是一种不对称的向上变浅的沉积进积序列。

体系域是指以层序关键界面(key surface)为界的、有成因联系的、相互过渡的沉积体系地层体。根据其在层序中的位置,可分为低位体系域、水进体系域和高位体系域。体系域是层序的基本构成单元。副层序是以海泛面(marine-flooding surface)为界的、成因相关的单层组成的地层序列。

副层序大致相当于成因地层单位的基本层序,是体系域的基本构成单元。根据副层序

的组合形式构成副层序组 (parasequence set), 副层序组可分为退积型副层序组、进积型副层序组和加积型副层序组。

关于层序地层及其海平面变化旋回级别的划分, 近年国内外都有不少划分方案。《中国地层指南及中国地层指南说明书》推荐当前国际流行的层序地层单位的级别体系和术语是以 Exxon 研究集体的方案^[1], 划分为巨层序 (megasequence)、超层序 (supersequence)、层序 (sequence)、体系域 (system tract)、副层序 (parasequence)。该方案中没有将层序的组成单元与层序地层单位的级别体系分开。本文基本采用王鸿祯等的方案^[4-6], 该方案是依据中国近年来层序地层研究的实践提出的, 对不同级别的含义从天文、地质、构造等控制因素方面给予论述 (表 1)。唯将“层序组”改用“超层序”, 并作为“亚二级 (8~15 Ma) 层序地层单位”。

表 1 层序地层单位级别体系与控制因素

旋回级别 与时限	本文		王鸿祯等 (1996, 1998, 2000) ^[4-6]	
	层序地层单位	代号	层序地层单位	解 释
一级 60~120 Ma	巨层序 (megasequence)	Mg	巨层序 (Mg)	相当于“Sloss 层序”, 与大陆规模的构造旋回及其区域性不整合面一致, 代表大陆规模的重大海水进退旋回, 可能与大陆地台的热旋回有一定的联系
二级 25~40 Ma	中层序 (mesosequence)	Ms	中层序 (Ms)	与多方面地质作用的旋回性在时限上具有良好的对比性, 与现已了解的太阳系穿越银道面的半周期 (32~38 Ma) 的时限相吻合
亚二级 9~15 Ma	超层序 (supersequence)	Sp	层序组 (Ss)	可能受构造因素的控制为主, 也相当于构造层序, 或与奥尔特天文周期可能有一定的联系
三级 2~5 Ma	层序 (sequence)	Sq	层序 (Sq)	海平面变化和构造沉降为主控因素
四级 0.8~1.5 Ma	亚层序 (副层序组) (subsequence)	Sb	亚层序 (Sb)	与米兰科维奇超长周期 (1.3 Ma), 即偏心率 E_4 周期一致
五级 0.1~0.4 Ma	小层序 (副层序) (microsequence)	Mc	小层序 (Mc)	与米兰科维奇短周期 (0.2~0.4 Ma) 基本一致, 即与岁差周期和斜率周期一致

3 层序地层学与地层学其他分支学科之间的关系

19 世纪统一地层学占统治地位, 使用一套地层单位系统 (界、系、统、阶、层、地层)。20 世纪 60 年代以前虽然统一地层划分仍然占统治地位, 但出现了许多地层学分支学科。60 年代以来多重地层划分概念迅速兴起和发展。各类地层单位及其界线之间的相互关系问题的争论从未停止。

统一地层分类论者只承认年代地层单位是主要单位, 认为其他地层单位都是辅助性的。各类地层单位界线可以相合, 也可以不相合。多重地层分类论者认为地层按照不同的