



面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

区域地质综合研究 的方法与实践

——鄂尔多斯盆地—秦岭造山带
地质野外实习指导书

周鼎武 主编

周鼎武 李文厚 张云翔 张成立 编著
张复新 柳益群 符俊辉 岳乐平



科学出版社
Science Press, Beijing China

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

区域地质综合研究的方法与实践

——鄂尔多斯盆地—秦岭造山带

地质野外实习指导书

周鼎武 主编

周鼎武 李文厚 张云翔 张成立 编著
张复新 柳益群 符俊辉 岳乐平

科学出版社

SCIENCE PRESS, BEIJING CHINA

2002

内 容 简 介

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果之一,是面向 21 世纪课程教材和国家级重点教材。本教材是为在中国大陆腹地鄂尔多斯盆地-秦岭造山带地质走廊教学基地实施的野外教学而编写。教材内容以秦岭及邻区近年来区域地质研究取得的最新成果为基础,对区域地质的发展演化进行了多学科综合分析和探讨,试图以此完成不同课程内容的融会贯通,实现知识、能力、素质并重的教学过程,以提高学生多学科综合思维能力,启发创新意识。教材涉及了大陆地质及其动力学研究的前缘领域,并涉及了大地构造学、构造地质学、矿物学、岩石学、地层学、沉积学、古生物学、地球化学、地球物理学、石油地质学和环境地质学的不同学科内容。

本书是从事地球科学大专院校学生、研究生和研究单位研究生的通用教材,也可作为教学、研究人员的参考资料

图书在版编目(CIP)数据

区域地质综合研究的方法与实践:鄂尔多斯盆地-秦岭造山带地质野外实习指导书/周鼎武主编. —北京:科学出版社,2002

(面向 21 世纪课程教材)

ISBN 7-03-010316-5

I. 区… II. 周… III. ①区域地质-地质构造-研究-西北地区-高等学校-教材②区域地质-地质构造-研究-华北地区-高等学校-教材 IV. P562

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 018813 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销



*

2002年6月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2002年6月第一次印刷 印张:22 1/4 插页:7

印数:1—1 200 字数:425 000

定价:50.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

《区域地质综合研究的方法与实践——鄂尔多斯盆地-秦岭造山带地质野外实习指导书》是为地质类本科生和研究生开设的野外地质综合教学课程教材。

西北大学“国家理科基础科学研究和教学人才地质学培养基地”经国家教委批准于1993年建立。地质系为此制订了全新的教学计划和课程体系。为适应对“基地班”教学的要求,经地质系教师反复论证,于1994年制订并实施“鄂尔多斯盆地-秦岭造山带地质野外地质教学”课程建设计划,1996年正式进行首批“基地班”的教学实践,教学计划和试用教材经历四年实践、试用、修改和完善,形成现在的这本正式教材和配套的教学计划。

“国家理科基础科学研究和教学人才地质学培养基地”旨在为地球科学的不同学科培养基础科学研究人才,以“基础扎实、知识面宽、能力强、素质高、具创新意识、全面发展”为新型人才培养目标。本书的目的是在高年级已有课程教学基础上,通过对中国大陆地质具有典型性和代表性的鄂尔多斯盆地-秦岭造山带地质综合野外地质观察研究和教学,并结合区域地质综合分析,既完成不同课程内容的实质性交融、贯通,完善教学环节,又提供客观了解地球历史的不同地质作用过程、形成的复杂地质现象在区域自然组合、和谐统一的自然状态,并通过这种自然状态的观察、研究和探索,培养学生的多学科综合思维能力,启发创新意识,完成知识、能力、素质并重的教学过程。

以跨越稳定地块和活动造山带的“鄂尔多斯盆地-秦岭造山带地质走廊”为野外教学基地,本教材广泛涉及了大地构造学、构造地质学、矿物学、岩石学、沉积学、地层学、古生物学、地球化学、地球物理学以及石油地质学和环境地质学的不同学科内容。

本教材以中国大陆中的典型区域为切入点,涉及的区域地质具有丰富的大陆动力学内涵,既体现了现代地球科学的基础研究,又反映了前缘的研究领域。教材内容在客观反映区域地质研究关键问题前缘动态的基础上,突出以客观事实为依据进行区域地质的多学科综合研究,强调全面、系统的综合分析,并启迪创新意识。本教材应用的教学过程是横贯地质走廊的野外实践过程,并始终贯穿启发式、讨论式教学,鼓励不同认识、不同见解的现场争论,实施具挑战性的研究性学习,以利于个性和创造性潜质的激发。为加强综合教学,提高教学效果,同时为本教材配制了相应的录像和多媒体辅助教材,并使用于不同教学过程。

录像教材提供对野外教学内容的宏观掌握;多媒体教材则充分发挥其可视性和可操作性,力图提供区域丰富的野外素材和研究成果,构成“信息库”,以便重现野外地质现象,并进行室内的反复对比、认识和深入思考探索。

本教材是综合西北大学地质系和我国长期致力于秦岭造山带及邻区地质研究的生产单位、科研院所和地质院校不同专业学者的研究成果编写而成。其中大量引用了张国伟院士的最新研究资料。任纪舜院士、张国伟院士和周新民教授在教材的修编过程中给予了热情关怀和指导,对教材进行了严肃、认真的评审,并提出了宝贵的修改意见和建议。任纪舜院士专程考察了野外教学的主干地质路线,就有关问题进行了深入讨论。借此谨向他们表示衷心的感谢。

本教材是编写人员团结协作、多学科交叉结合、优势互补的集体劳动成果。主编承担了编写提纲和内容及结构的拟定,编写过程的组织、协调,全书最终的修改和定稿。各章执笔人(按章节顺序)依次为:第一、二、三章由周鼎武编写;第六、八章由周鼎武和柳益群编写;第四章由李文厚和符俊辉编写;第五章由张成立编写;第七章第一节由柳益群和周鼎武编写;第七章第二、三节由张复新编写;第九章由张云翔和岳乐平编写。编写教材过程中得到了西北大学副校长惠映河和教务处处长崔智林的鼓励和帮助。全部图件由骆正乾高级工程师清绘,谨致谢忱。

由于教材编写者水平有限,教材中疏漏和错误难免,恭请广大师生批评指正。另外,教材中引用的成果若存在误解和错误,也请原作者包涵并批评指正。

作 者

2001.8

目 录

前言

第 1 章 区域地质研究的思路和方法	(1)
第一节 区域地质研究的思路和方法	(1)
一、研究思路	(1)
二、研究内容和方法	(4)
第二节 区域地质研究中关键问题的讨论	(7)
一、区域地层系统的时、空对比研究及岩相古地理恢复	(7)
二、大陆造山带古洋盆恢复	(9)
三、构造运动及其性质的确定	(13)
四、盆山转换、耦合与造山过程	(17)
五、超高压变质岩(带)与造山作用和大陆动力学	(19)
六、区域构造比较研究中的构造序列、构造组合和构造层次研究	(25)
七、板块运动学和逆冲、走滑运动学地质效应在区域地质研究中的意义	(28)
主要参考文献	(29)
第 2 章 秦岭及邻区区域大地构造背景和区域地质概况	(36)
第一节 区域大地构造背景	(36)
第二节 区域地质特征和地球物理特征	(37)
第三节 秦岭造山带及邻区的地壳、上地幔结构—镶嵌构造和立交桥式结构	(45)
第四节 秦岭造山带及邻区同位素地球化学省	(48)
第五节 秦岭造山带及邻区构造单元划分	(49)
主要参考文献	(56)
第 3 章 鄂尔多斯盆地—秦岭造山带地质走廊野外观察路线及内容	(58)
第一节 鄂尔多斯盆地	(58)
第二节 渭河地堑	(60)
第三节 秦岭造山带	(61)
一、华北陆块南缘构造带	(61)
二、北秦岭构造带	(62)
三、南秦岭构造带	(64)

第 4 章 秦岭及邻区地层组成、沉积盆地及其古地理分析 ·····	(66)
第一节 区域地层系统研究和沉积盆地分析综述 ·····	(66)
一、地层学研究现状及区域地层划分对比的原则和方法·····	(66)
二、沉积盆地分析和古地理恢复·····	(68)
第二节 区域地层系统的时空分布和盆地沉积作用与古地理分析 ·····	(69)
一、秦岭及邻区前震旦纪地层系统·····	(69)
二、秦岭及邻区震旦纪-早古生代地层对比和盆地分析·····	(77)
三、秦岭及邻区晚古生代-三叠纪地层对比和盆地分析·····	(99)
四、秦岭及邻区晚三叠世-第三纪沉积盆地·····	(121)
主要参考文献·····	(135)
第 5 章 秦岭造山带侵入岩形成的时、空规律及其大地构造意义 ·····	(140)
第一节 侵入岩类型及其构造环境研究综述 ·····	(140)
第二节 秦岭造山带不同时期侵入岩的地质、地球化学特征和形成构造环境分析 ·····	(144)
一、中新元古代侵入岩·····	(144)
二、早古生代侵入岩·····	(158)
三、晚古生代末期-早中生代侵入岩·····	(166)
四、晚中生代(燕山期)侵入岩·····	(170)
第三节 秦岭造山带不同时期侵入岩形成大地构造背景及其动力学意义 ·····	(174)
一、新元古代类似现代板块构造体制的板块汇聚、碰撞造山-伸展、裂解的岩浆侵入作用·····	(174)
二、早古生代板块俯冲-碰撞型和板内伸展裂谷型岩浆侵入作用·····	(175)
三、中生代初秦岭西段的俯冲-碰撞型和造山期后伸展背景的岩浆侵入作用·····	(175)
四、中生代晚期的陆内逆冲推覆造山和隆升伸展背景下的岩浆侵入作用·····	(176)
主要参考文献·····	(176)
第 6 章 秦岭造山带及邻区变形、变质特征 ·····	(180)
第一节 秦岭造山带及邻区区域构造事件及构造层划分 ·····	(181)
第二节 不同构造层变形、变质特征及其构造组合 ·····	(182)
一、中生代末-新生代构造层·····	(182)
二、晚古生代-中生代构造层·····	(187)
三、震旦纪-早古生代构造层·····	(228)
第三节 秦岭及邻区显生宙主要构造事件及其特征 ·····	(237)

一、澄江期伸展裂解事件	(238)
二、加里东期挤压事件	(238)
三、早海西期伸展事件	(238)
四、海西期高丹断裂带的左行走滑事件和勉略洋的扩张	(239)
五、印支期挤压事件	(239)
六、燕山期挤压事件	(240)
七、晚白垩世-第三纪的伸展-走滑作用	(240)
主要参考文献	(240)
第7章 秦岭造山带及邻区矿产资源的形成与分布	(245)
第一节 华北和扬子地区能源形成与分布	(245)
一、含能源沉积盆地特征和能源分布	(245)
二、鄂尔多斯盆地能源资源	(248)
三、四川盆地能源资源	(255)
第二节 秦岭造山带金属矿产的形成与分布	(262)
一、秦岭造山带金属矿床成矿系列及矿化集中区	(262)
二、秦岭造山带矿化集中区典型金属矿床	(265)
第三节 秦岭及邻区能源、矿产组合和时空分布及其形成区域构造动力学背景	(289)
一、鄂尔多斯盆地和四川盆地能源时空分布规律及其形成的构造动力学背景	(289)
二、秦岭造山带成矿动力学背景	(290)
主要参考文献	(292)
第8章 秦岭造山带及邻区显生宙地质演化探讨	(294)
第一节 秦岭造山带及邻区地质演化研究现状和问题	(294)
第二节 秦岭造山带及邻区的地壳结构构造主要特征	(296)
一、华北陆块和扬子陆块的基底组成、盖层沉积建造和地质事件	(296)
二、北秦岭前石炭纪的构造-变质-岩浆杂岩带	(297)
三、南秦岭岩浆活动特征	(298)
四、秦岭-大别造山带印支期变形变质的不均一性	(298)
五、中国大陆中东部印支-燕山期近东西向为主构造向近南北向为主构造的转变	(299)
第三节 秦岭造山带及邻区显生宙地质演化探讨	(299)
一、中国大陆中东部前震旦纪两类古陆块的形成、裂解及其向显生宙的转化	(299)

二、早古生代秦岭古洋盆和两类古大陆边缘的形成	(305)
三、秦岭加里东期构造作用	(310)
四、秦岭晚古生代沉积盆地的形成发展和海西期陆内走滑造山作用	(313)
五、秦岭及邻区印支期构造作用	(315)
六、秦岭及邻区中生代陆内地质作用	(319)
主要参考文献	(321)
第9章 黄土高原的形成与环境变迁	(326)
第一节 研究内容与方法	(326)
一、确定黄土地层时代的方法	(327)
二、黄土堆积古气候研究的替代性气候指标	(328)
第二节 中国黄土的分布与组成	(334)
一、中国黄土分布与地貌单元	(334)
二、中国黄土地层与时代	(335)
三、黄土的物质组成	(338)
第三节 黄土高原形成与气候环境特征	(339)
一、第四纪冰期气候、青藏高原隆升与黄土形成	(339)
二、东亚季风与黄土-古土壤序列形成	(340)
三、古气候演化的物质记录	(341)
四、古气候发展的生物记录	(342)
五、陕北地区土地沙漠化	(345)
主要参考文献	(346)
图版说明和图版	(348)

第 1 章 区域地质研究的思路和方法

地球经历了 46 亿年的长期演化过程,形成了现今海洋、大陆分异,地质复杂的自然状态。地质科学正是以研究地球现今自然状态为基础,反演其形成演化历史的地质作用过程,探索未来发展变化的规律,为人类的生存和社会的可持续发展提供资源和家园的一门重大基础科学。

地球是浩瀚宇宙空间的小小天体,但又是人们眼中的巨大星球。尽管航天和地球物理技术已为了解地球整体和内部的状态提供了可能,但人们视域所及,地球之大仍无可穷尽,更难以直接观察地球宏观和内部的奥秘。以人类个体生命的短暂性和观察研究的局限性来研究地球客体组成的复杂性、形成发展的漫长性和广阔性,以及由地球现今状态反演过去历史因地质组成残缺不全造成的多解性,科学的思维和方法显得尤其重要。

地球不同区域地质的研究是集成地球整体地质进而研究其组成、结构构造特征和形成演化的关键性基础。因此,涉及区域地质研究的科学的思想和方法,应是地质科学工作者获取客观地质素材,透过错综复杂的自然现象,科学、合理研究分析其外在关系和内在规律,超越感性经验进行抽象思维和逻辑思维并实现理性的升华,科学探索地球形成演化所必须具备的基本素质。

第一节 区域地质研究的思路和方法

一、研究思路

地球是一个复杂而又统一的动力学体系,现今的区域地质面貌只不过是该动力学体系随长期的时间变化、动力作用变更的复杂动态过程,在某一特定地区

的综合地质表现。因此科学研究区域地质的现状并探究可能的地质作用过程,必须首先回答既相互关联并制约区域地质研究思想、方法的下述问题。其一,从空间角度分析,造成地质作用过程的地球动力学是“非此即彼”的单一模式,还是多成因、多体制,有主有次的复杂共存的有机组合;其二,从时间角度分析,在地球发展演化的漫长历史过程中,地球动力作用是均变的,还是非均变的。对此涉及以下几个问题的具体讨论。

1. 地球的物质组成、结构构造和发展演化特征

根据科学技术发展的现状和目前人类认识的水平,综合地球的物质组成、结构构造和发展演化的现有研究可获得以下基本认识:①地球演化历史的长期性和阶段性;②地球物质组成和结构构造在时、空尺度上的不均一性和非均变性;③地球动力系统的复杂性;④地质构造作用的多阶段、多类型、多成因、多级序性。上述特征已是地球科学家不争的自然属性。对地球演化过程的区域地质作用的研究,必须在充分认识其自然属性基础上,给予符合自然状态的阐释。

2. 自然法则

自然界的万事万物循着自然法则发展演化,而不以人们的主观意志为转移。“整个自然界……都处于永恒的产生和消灭中,处于不断的流动中,处于无休止的运动和变化中”(恩格斯,1925)。变化是绝对的、永恒的,不变是暂时的、相对的。这种变化符合辩证法的规律(质量转化、对立统一、否定之否定规律)。地球组成、结构构造特征在时、空尺度上的不均一性和非均变性客观地反映了地球的永无休止的变动。

自然界的万事万物千差万别但又相互依存、相互影响,它们的差别取决于自身矛盾的特殊性并决定了不同事物自身的发展特征。地球区别于其他星球的特征是这样,地球表壳甲地拉张造盆、造洋,乙地挤压造山、造陆的同时共存也反映了这种特点。

自然界的万事万物均处于复杂的矛盾系统中,矛盾有主有次,相互关联,相互制约,并依一定的条件相互转化,影响着事物的形成、发展(毛泽东,1952)。矛盾的主、次关系,决定着同一事物形成发展各个方面相互依存的主体(整体)特征和局部格局;矛盾的相互转化、此消彼长,决定着同一事物发展的阶段性及其特征。地球具有复杂的动力系统,主要包括地球作为行星与其他天体的相互作用及其变化;地球自转速率的不均一变化;地球内部物质组成、热状态、密度等的差异及其调整变化等多种因素引起的动力作用。不同学者将地球构造作用分别归因于上述不同因素所引起的动力作用(黄汲清等,1962;李四光,1973;张文佑,

1984;张伯声,1980;陈国达,1982;威尔逊等,1975;竹内钧等,1984;Owen,1992)。事实上地球的构造作用,应是其复杂动力系统的综合效应,只不过有主有次而已。只是现阶段,因受人们的认识水平和科技发展水平限制还不足以协调地球内外动力系统进行主次有别的统一分析。如就地球整体的动力学而言,地球自转及其速率变化是地球动力系统中不容忽视的重要因素之一(李四光,1973;叶叔华,1996)。地球自转速率的变化与岩石圈、核、幔耦合关系,以及与各种潮汐摩擦,大气角动量的变化和空间引力场的变化关系,均导致相应的动力学效应。对此科学家已有足够的认识,但尚难以科学的综合阐释。若以地球内部的动力学而论,其实目前既有必要,也有可能讨论动力系统的主从关系。例如,若按现今流行的认识,地球外壳的构造作用,主要取决于地球内部的动力作用。一般认为,地球内部的动力状态可能主要表现为“地幔对流”(威利,1978;朱炳泉,1978)和“地幔柱”(丸山茂德等,1994;Davies,1990)两种方式,它们可能同时存在、相互关联、相互制约、相互转化而又有主有次,控制着地球外壳的构造变形。设想起源于核幔边界的巨型地幔柱上升到岩石圈底部可能向两侧扩散,转化为地幔对流导致板块构造作用,并成为地球的主导构造动力学方式;但同时可能在不同区域内发育的小型地幔柱,因不具备足够的能量而转化,则呈柱式上涌,形成陆内或洋内的底辟和热点,造成局部构造格局。它们同时共存,组成了不能用同一动力方式统一解释的复杂组合

3. 地球构造的多体制共存和非均一演变

综合上述可以认为,地球既是一个复杂的物质组合体,又是一个复杂的矛盾对立统一的动态动力系统。因此同一时期地球的构造作用决非“非此即彼”的单一构造模式所能包容,而是多种矛盾交织,多种体制共存,但主、次又有别的复杂组合。在地球演化的一定时期内,地球动力系统诸多复杂因素中必有某种占主导,控制地球宏观构造作用,形成宏观构造的规律组合。其他则为次要因素,虽不影响宏观格局,但又可能成为控制局部构造的主导因素,形成与宏观构造不协调、不成规律的局部构造。在研究地球构造作用时,面对复杂的地球动力系统,地球科学家始终试图尽可能减少多种影响因素,突出主要矛盾,以简洁、明晰的概念和模式来表达地球构造作用(板块构造尤其如此)。这无疑是合理的,但这种合理性本身就掩盖着不合理,更不能因此而生搬套用模式,失去对特殊问题的深入研究和探索,造成认识上的自误和误导,并严重影响甚至妨碍地球构造的科学研究和创新。

地球演化过程的不同历史时期的构造作用,因地球动力系统的诸因素在地质历史长河中主从关系随一定的时间和条件相互转化、此消彼长,必然促使地球

的构造作用呈现“非均变”的发展。“均变”既有悖于自然发展法则,又不符合迄今为止人们已认识的地质事实,更束缚人们的创新思维(周鼎武等,1995)。

4. 地球系统

构建地球系统(叶叔华,1996;毕思文,1998)是科学的自然回归,也是科学发展的必然趋势。地球系统是指由地球大气圈、水圈、生物圈、岩石圈、地幔和地核复杂圈层组成的统一体系。组成地球系统的不同圈层既有差别,又互相关联、相互作用,构成了一个经历漫长历史过程的自然和谐的动态体系,它们影响并制约着地球系统的发展演变。当代科学技术的飞速发展,“信息高速公路”的开通,“数字化地球”的提出和实践,“地球村”已梦想成真。因此地球科学工作者已打破了传统地学分门别类的研究方法和知识体系,可能用系统的观点研究地球各圈层系统相互间的物理、化学和生物的作用过程,分析地球系统的行为和演变,探索其未来的发展变化。地球科学研究的这种转变,使得地球科学工作者不仅面临着研究领域广空间、大尺度的交叉综合,而且也面临着思维方式和研究方法的重大变更。地球系统研究已成为 21 世纪地球科学研究的前缘领域。当代地球科学的研究和发展正处于重大转折的历史时期,机遇与挑战共存。

上述认识,决定了地质科学和区域地质研究基本的思想和方法。

二、研究内容和方法

区域地质研究试图通过对不同构造单元地表地质和深部地质的综合研究对比,客观反映区域地质的现今结构构造特征,并将其置于全球大地构造的宏观背景,科学的恢复重建其形成发展的历史过程。研究内容主要包括(图 1-1)以地质、地球物理、地球化学资料为基础,研究区域不同构造单元、不同时期的不同类型建造(沉积、岩浆、变质、矿产)的组成和分布;不同层次构造特征及其组合的几何学、运动学;古构造、古地理环境的重建;古地质作用动力学过程的恢复。可将这一研究过程划分为三个阶段,首先坚持观察的客观性和全面性,针对不同研究地区的不同建造特征,采用不同学科相应的现代研究方法和手段,不受任何先入为主思想观念的约束,客观、全面观察研究地质实际,力求最大限度地获取客观实际资料。其次是在上述研究基础上,采用以构造为主线,结合沉积学、岩浆岩石学、变质岩石学、地球化学、同位素地质学和地球物理学等不同学科进行多学科相互配合、交叉渗透的综合研究,进行系统的区域时、空对比和动态的分析,总结区域地质特征和规律。最后,以科学思想和以地球科学新理论、新认识和新方

法为指导,在多学科综合研究的基础上通过去粗取精,去伪存真,由此及彼,由表及里的综合分析,并结合宏观大地构造背景,建立区域地质形成演化动态过程的理论的抽象-逻辑模式或模型。显然,实践是基础,理性的总结、升华是关键,科学的思维则是贯穿于整个科学研究和创造过程的内核和灵魂。

上述研究过程中,客观认识并获取现今区域地质的物质组成及其结构构造现状是关键性的基础。它是通过野外地质填图并结合遥感技术、GPS定位系统、地球物理、地球化学的综合研究获得的。

野外地质填图、GPS定位系统的使用以及应用遥感技术提取地质信息是直接获取区域地表真实地质素材的行之有效的的方法和手段,以此直接研究不同构造单元、不同地质体的组成特点;组成地质体物质的沉积作用、岩浆作用、变质作用、构造变形、成矿作用(图 1-1)及其相互关系;对区域不同构造单元的不同地质作用进行时空的比较研究,进而综合研究区域地质作用过程及其动力学。在该过程中,必须重视“从整体和大处着眼,从局部和小处入手的研究途径”(汪品先,1998)。从大处着眼以避免坐井观天,从小处入手则提供客观的第一手资料,两者结合自有“横看成岭侧成峰,远近高低各不同”的意境。

地球化学研究以直接获取的区域地表地质体和代表地壳、岩石圈、地幔不同岩石类型的元素、同位素组成和定年的定量研究为基础,确定岩石的类型、地球化学特征、组合分布和变化规律,探讨成因及其对地质作用过程的制约。当代岩石组成的元素和同位素的精确定量分析和定年研究,已经用于进行区域尺度乃至全球尺度的构造演化和地球动力学的示踪研究,探索固体地球的化学结构与层圈之间的相互作用,并形成了一门新兴学科——化学地球动力学(郑永飞,1999)。

以地震、重力、磁法、电法、热流等为主要方法的地球物理研究,客观记录了现今地球表壳至深部的组成,结构构造特征及其物理状态。并为确定地球内部的各种纵、横向界面和界面形态、埋深以及块体的运动,圈定隐伏岩体、追索隐伏断裂带,查明地表组成结构构造纵、横向的延伸变化等提供了重要信息。但由于地球内部物质的动态调整,地球物理资料虽不提供地球历史物质组成和物理状态的总体信息,然而仍在岩石圈特别是在地壳中保存了历史过程的残迹。通过对大陆内基底和盖层的地球物理研究,仍能反演地史中的物质组成和结构构造状态。需要重视的是,应用地球物理资料研究地球内部物质组成和物理状态,尽管有地表地质体以及构造剥露地表的深部地质体和侵入、喷出地表的的不同深度的不同岩类提供参照,但因深部物理、化学条件的制约,迄今为止仍不能提供可靠的惟一解释,因此必须谨慎使用地球物理资料反演的地质信息,并在研究中进行方法创新和认识创新。

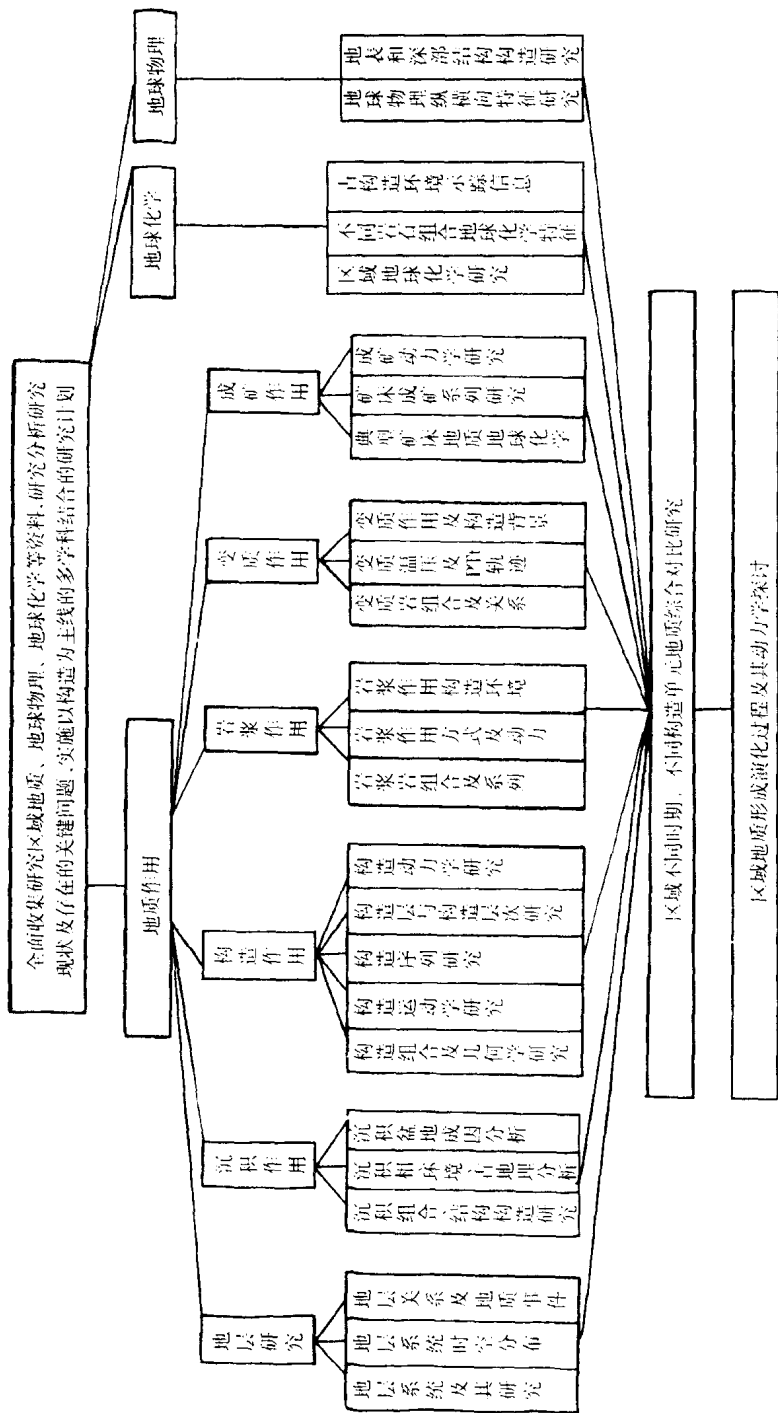


图 1-1 区域地质综合研究流程图

善于学习应用已有现代理论和前人成果是区域地质综合研究必须重视的又一方面。但学习应用科学理论必须明确,科学不是神学,科学是对绝对真理追求和探索的方法。对任何事物的认识过程都可能反复,都可能经历否定之否定的过程而不断接近绝对真理。因此盲目崇拜,简单套用是科学研究之大忌,也是创新之大忌。因此,科学研究中既能超越自我,又能超越前人才是科学研究的高素质和高境界。在人类进入 21 世纪大力倡导创新思维、创新研究的今天,让个性得以充分展示,让思想在自由的空间任意翱翔。

按照上述思想方法,图 1-1 提供了区域地质及其形成演化综合分析的一般工作流程,以供参考。但在实践中应视区域地质的特点和研究的侧重而有主有次地确定研究方面,合理高效地实施研究计划。

第二节 区域地质研究中关键问题的讨论

区域地质研究的上述思想方法只是一般性的基本原则,在实际研究中有必要按现今科学技术的发展水平和人们认识的变更及思考对以下涉及区域地质研究的关键问题作以强调和讨论,以开阔思路,并在实践中深入认识。下述讨论是以板块构造理论为基础展开的。

一、区域地层系统的时、空对比研究及岩相古地理恢复

以区域构造单元的空间框架和以生物地层、岩性地层、磁性地层、层序地层、事件地层、同位素测年相配合的时间框架,两者相结合进行区域地层系统的时、空对比研究,是建立区域同时异岩、异相建造组合关系,并进行纵、横向对比研究进而分析古地理轮廓,恢复古构造环境和古构造格局的关键性基础。在构造改造微弱的稳定沉积岩区,可采用正常沉积地层序列的不同方法得以精细研究(吴瑞棠等,1989;孙镇城等,1998;John et al.,1990;梅志超等,1993)。但在造山带,近年来,国内显著加强了对造山带地层系统的研究,并取得一系列新的进展(冯庆来,1993;杜远生等,1995;吴根耀,1998,2000;罗建宁,1994;候立玮等,1995;方宗杰,1998)。造山带的地层系统具有显著不同于稳定沉积岩区地层系统的特殊性,应采取有效的理论、方法进行科学的研究。

造山带地层系统的特殊性首先表现为因强烈构造变形改造,造成正常有序地层或者不同地域、不同环境地层的复杂构造叠置,因而无论在区域横向分布还是纵向序列方面几乎普遍呈现为易位、混杂与失序等;其次因区域变质作用、岩

浆作用和构造再造作用使正常地层发生了结构、构造的根本性变化,而失去原始特征,甚至造成层状体向非层状体的转变。鉴于此,造山带地层系统研究的关键是依据残余的变形、变质地层恢复原岩性质,重建原始层序,构建区域原有的时、空格架和恢复岩相古地理,探讨形成古构造环境。对造山带中普遍发育的变质地层(包括变沉积岩、变岩浆岩),除尽可能采集化石外,同位素测年研究是定时的关键。需要强调,由于不同测年方法的局限性,以及不同测年方法用于不同岩石、不同矿物,其定年地质意义的不同,除慎重选择测年方法和测试对象,并重视不同测年方法的配合使用、相互验证外,同时应重视不同测年数据地质意义的合理解释。而且要注意造山带中,尽管在某一露头的岩石中发现了可靠的古生物化石或获得了可靠的同位素年龄数据,但考虑到造山带内地质体的复杂构造关系和改造再造作用,均不能做简单的外推,以免自误和误导。

有关造山带地层系统研究的理论和方法已有诸多学者进行了很有意义的探讨和实践,这里只提供有关的参考文献以供学习、借鉴。在此仅对岩相古地理恢复的某些问题做如下讨论。

稳定区沉积盆地的岩相古地理恢复已有行之有效的理论和方法(刘宝璐等,1990;殷鸿福等,1988;梅志超,1994),但需要在重视造山带地层系统特殊性的前提下,将其应用于造山带,同时对造山带中的一些特殊问题应给予充分的重视。

1. 变质杂岩块(带)与古地理恢复

造山带中的变质杂岩块(带)既可能是基底古陆(地)块的组成部分,也可能是造山带的核部杂岩,或既是基底岩块又是造山过程基底岩块被改造再造而成的造山带核部杂岩。在上述不同情况下它们的存在分属完全不同的古地理环境。若为基底古陆(地)块,则标志着变质杂岩块(带)出露区是古陆或剥蚀区;若为造山带核部杂岩带和改造再造的基底岩块则反映它们是造山作用深层次变形变质而后抬升剥蚀出露产物,决非古陆或剥蚀区。显然如何确定变质岩块的属性是客观恢复古地理的关键,对此采用构造解析法,在研究变质杂岩变形变质演化序列基础上,辅以同位素定年和形成深度环境研究,确定变质杂岩块(带)的形成、改造再造和抬升剥蚀的过程,并结合相邻的相关沉积建造分析及其与变质杂岩抬升的构造关系分析,客观合理地重塑某一时期的古地理格局。

与此相类似也涉及高压、超高压变质岩(带)与古地理的恢复,对此虽然高压、超高压变质岩(带)形成折返动力学机制及形成深度的推算尚存在很大分歧(见后述),但高压超高压变质岩(带)对古地理恢复仍具有无可争辩的重大意义。它不仅涉及高压超高压变质岩带形成时俯冲洋壳或俯冲陆壳的区域分隔性边界