

造山带 结构与演化 的现代理论 和研究 方法——东秦岭

造山带剖析

地质矿产部秦巴重点攻关
科研项目

杨巍然 杨森楠 等著



序

从19世纪后期,造山带的结构及其意义就引起了地质学者的广泛兴趣与关注。随着地质理论不断发展,造山带的定义也经历了一些变化,而其重要意义则是与时俱增,成为当前大陆岩石圈研究的前缘课题之一。

造山带研究的理论与方法涉及到多种地质分支学科。国外虽有专著,但有轻重和观点之别,往往使青年地质工作者感到无从入手。杨巍然教授和杨森楠教授选择《造山带结构与演化的现代理论和研究方法》为题编写此专著,是十分需要和非常及时的。

中国地质构造研究已有一百多年的历史。中国学者自己研究构造也已超过70年。秦岭造山带作为划分中国南北的主要地质分界,很早即为中、外学者所认识,而对分界意义的理解则是随着构造理论的发展而不断更新。特别是从60年代板块构造学说出现以来,中国学者对地质上的关键地带重新进行研究和评估,也以秦岭造山带为最早。秦岭造山带位于华北和扬子两个大陆地台之间,包括了两个复杂的大陆边缘区。十余年来,已有大量专题论文和不少专著发表,已经积累了比较丰富的资料,也已提出了不同的观点。所以选择秦岭造山带为典型,探讨造山带的一些普遍规律,是十分恰当的。

专著第一篇既有理论的回顾,也有对具体研究方法的讨论和介绍,涉及磁组构分析、古构造复原以及地质—地球物理综合分析等现代方法,对初学者和广大研究工作者都会有很大的帮助。第二篇系统论述东秦岭造山带的结构和演化,以岩石圈的“开合”——对接、碰撞及以后的“顺层”和“切层”“开合”为主要依据,按前震旦纪、震旦纪至三叠纪、晚三叠世至早白垩世和晚白垩世以来4个时期,阐述了构造单元、地层对比以及沉积序列、火山岩组合、逆冲推覆和深部构造等。作者根据研究成果,从构造运动的基本形式“开”与“合”的角度,提出了5种造山带类型。前4种类型恰与东秦岭构造发展的4个阶段相对应,颇具新意。第5种是特殊类型的地体“开合”,指地体远离母体大陆,拼贴于另一大陆,也形成增生造山带。实际上,由于地体规模很小,其基底不包括下地壳和上地幔部分,很难在洋壳上作远距离运移。现有的环太平洋大多数地体很可能都是沿大陆边缘剪切带水平位移的产物。

过去出版的有关秦岭的专著大多是从地球化学、岩浆岩或其它一个方面进行论证。象本专著这样较全面和系统地论述东秦岭的构造发展史,尚属首次。它对系统总结“七五”期间以及更早的秦岭地区研究成果和即将开展的“八五”期间秦岭造山带的新一轮研究都将具有重要的参考价值。

我诚恳地希望和相信:对秦岭造山带的新一轮研究必将能提出更为完善的构造发展模式。我也诚恳地希望和相信:对秦岭和中国其它造山带的进一步比较研究必将能作出更为完善的造山带分类的理论概括。

王鸿烈

1991年11月1日于北京

前 言

造山带是岩石圈中狭长的强烈构造变形带。它以雄伟的地貌景观、复杂的构造变形、强烈的深成作用和丰富的矿产资源而历来为地质界所重视，它作为岩石圈的重要窗口而被列为固体地球科学的前缘研究课题。随着科学技术的发展和长期实际调查中资料的积累，地质学家不断提出新的造山理论，60年代前的地槽褶皱造山说，60—70年代的板块俯冲、碰撞造山说都曾作为造山的主导理论，80年代以来，薄皮构造、地体增生和滑移线场等新概念、新思想的问世，又为造山说增添了新的内容。

我国是造山带众多的国家，发育多种类型的造山带，其中秦岭造山带及其东延的大别造山带横亘于我国中部，它雄伟壮观，东西延长千余公里，是我国重要的造山带之一，它南北衔接着华北地台与扬子地台，是划分我国北方与南方的重要构造带，也是我国重要的矿产资源基地。

1985—1989年期间，地质矿产部组织了“七五”重点攻关项目——秦巴地区重大基础地质问题和主要矿产成矿规律研究，我们承担了其中的“东秦岭—大巴山造山带构造演化”的专题研究工作。这期间在中国地质大学（武汉）和项目办公室的支持下，先后有13名教员、7名硕士研究生和55名本科生参加了本专题的研究工作。整个研究以地质辩证法的“开合律”为指导：根据“开合”的互补性，对东秦岭造山带的构造区和构造带进行了划分；根据“开合”的旋回性，将东秦岭造山带归纳为四个发展阶段；根据“开合”的层次性和不均一性，将造山带划分为五种类型：①岩石圈的大“开”大“合”——俯冲造山带和碰撞造山带；②岩石圈的小“开”小“合”——断裂造山带；③岩石圈内顺层“开”“合”——推覆造山带；④岩石圈内切层“开”“合”——盆岭构造；⑤地体“开”“合”——增生造山带。前四种类型恰好与东秦岭造山带的四个发展阶段相对应。

《东秦岭—大巴山造山带构造演化》科研报告于1989年底完成，1990年经由马杏垣、王鸿祯、吴正文、尚瑞钧、项礼文、胡惠民、索书田、张本仁和屠森9位教授和教授级高工组成的评审组评审通过。

评审认为，研究报告以岩石圈的“开合律”为指导，对秦巴区域构造的全部发展历史，由老到新、由大至小、由深部到浅部，层次清楚地进行了系统论述，并提出了一系列新认识和新见解，形成当前有关秦巴区域构造发展的最为全面、系统和具有特色的自成一家之说。在研究方法上，采用了多学科综合研究的路线，在深入开展地层学、沉积学和构造地质学研究的基础上，把岩石学、矿物学、地球化学、地球物理等新理论、新方法、新技术引入区域构造学研究，并取得了成功的经验。《报告》为秦岭—大巴山造山带形成和演化的研究作出了重要贡献，对区域成矿规律研究以及区域地质普查具有显著的实际意义。在区域构造研究领域内达到国内先进水平，在研究的全面性和系统性方面以及多学科综合性方面达到国际先进水平。

在《报告》的基础上，我们以秦岭造山带为实例，对造山带的模型进行总结、概括，把造山带的地壳结构特征和构造演化的某些理论作了引伸，把造山带古构造环境的某些研究方法作了阐述，使造山带研究具有时代气息。我们期望以秦岭造山带研究为引子，把我国造山

带研究提到更高的水平,我国广大地质工作者有责任、有能力为造山带研究作出更大的贡献。

学部委员王鸿祯教授为本书写了序。

参加本书编写的有(以姓氏笔划为序):丁春平、韦必则、刘育燕、刘华中、邓清录、全秋琦、纪克诚、何海之、张文淮、陈仁义、陈忆元、杨森楠、杨巍然、胡德祥、高山、章泽军、郭颖、韩郁菁。全书由杨巍然、杨森楠统纂定稿。

先后参加野外工作的还有罗森桓、熊兴武、张旺生、颜家新、肖军、雷兆春、王祖春、姜本鸿、陈诗标等。在野外和室内工作中得到了中国地质大学王良忱、张樵英、胡海燕、黄思骥,河南地质矿产局屠森、刘宗后、喻积贤、胡元第、张宗恒,湖北地质矿产局周高志、张景德、王竹金,陕西地质矿产局杨志华,西安地质学院张维吉、胡健民等同志的支持、协助。图件由中国地质大学(武汉)绘图室清绘,英文摘要、目录由葛亚非翻译,全书由张华瑛编辑。我们对全体评审专家和所有给予帮助的同志致以衷心感谢。

书中难免存在缺点和不妥之处,敬请读者批评指正。

作者

1991.10.4

目 录

第一篇 理论与方法

第一章 构造运动与造山带	杨巍然 (3)
第一节 造山带的概念	(3)
第二节 构造运动及其基本类型	(3)
第三节 构造运动与造山带的关系	(7)
第二章 造山带结构与演化的某些理论和概念	杨森楠 韦必则 (15)
第一节 板块构造与造山带	(15)
第二节 造山带的典型构造	(18)
第三节 造山带的山根	(23)
第四节 造山带中的地体	(25)
第三章 有关造山带结构与演化的某些研究方法	
高山 张文淮 丁春平 刘育燕 韩郁菁 章泽军	(27)
第一节 地球化学研究方法	(27)
第二节 流体包裹体微观研究方法	(30)
第三节 人机联做定量解释地质地球物理方法	(36)
第四节 古地磁学和磁组构学在造山带研究中的应用	(41)
第五节 造山带变质作用的 $P-T-t$ 轨迹	(43)
第六节 造山带中古构造、古地理复原的有限变形分析法	(48)

第二篇 东秦岭造山带的结构与演化

第四章 前震旦纪岩石圈大“开”大“合”——俯冲造山带—碰撞造山带的形成	
胡德祥 陈忆元 邓清录 杨森楠 杨巍然	(59)
第一节 北秦岭前震旦纪构造演化	(59)
第二节 南秦岭前震旦纪构造演化	(87)
第三节 小结	(101)
第五章 震旦纪—三叠纪岩石圈小“开”小“合”——断裂造山带形成	
何涛之 胡德祥 金秋琦 郭颖 杨巍然 杨森楠	(109)
第一节 北秦岭震旦纪—三叠纪构造演化	(109)
第二节 南秦岭震旦纪—三叠纪构造演化	(134)
第三节 小结	(142)
第六章 晚三叠世—早白垩世岩石圈的顺层“开”“合”——滑脱拆离和逆冲推覆构造	
郭颖 陈仁义 纪克诚 杨巍然 杨森楠	(145)
第一节 北秦岭晚三叠世—早白垩世构造演化	(145)
第二节 南秦岭晚三叠世—早白垩世构造演化	(150)

第七章 晚白垩世以来岩石圈内的切层“开”“合”——断块构造	
..... 陈仁义 郭 颖 刘华中 杨巍然	(163)
第一节 断裂格局	(163)
第二节 构造盆地	(164)
第三节 断块活动方式	(166)
第四节 喜马拉雅期构造-热事件	(169)
第五节 运用卫星照片解译新构造	(171)
第八章 东秦岭造山带结构特征	邓清录 丁春平 杨巍然(174)
第一节 浅部结构特征	(174)
第二节 深部结构特征	(175)
第三节 深部结构与浅部结构关系初探	(179)
结 语	(180)
参考文献	(181)
附图说明	
附图 秦巴东段构造图	
图版说明	
图版 I—IV	

Contents

Part I THEORIES AND METHODS

Chapter 1 Tectonic Movements and Orogenic Belts	(3)
1.1 Concept of Orogenic Belt	(3)
1.2 Tectonic Movements and their Types	(3)
1.3 Relationship between Tectonic Movements and Orogenic Belts	(7)
Chapter 2 Theories and Concepts of the Architecture and Evolution of the Orogenic Belts	(15)
2.1 Plate Tectonics and Orogenic Belts	(15)
2.2 Typical Structures of Orogenic Belts	(18)
2.3 Mountain Root of the Orogenic Belts	(23)
2.4 Terranes in the Orogenic Belts	(25)
Chapter 3 Research Methods Related to the Architecture and Evolution of the Orogenic Belts	(27)
3.1 Geochemistry Methods	(27)
3.2 The Study of Fluid Inclusions —— a Microcosmic Method for the Study of the Structure and Evolution of the Orogenic Belts	(30)
3.3 Interactive Interpretation of Geological and Geophysical Data	(36)
3.4 The Application of Paleomagnetism and Magnetic Fabric to the Structure and Evolution of the Orogenic Belts	(41)
3.5 <i>P-T-t</i> Path of the Metamorphism of the Orogenic Belts	(43)
3.6 Finite Deformation Analysis of the Reconstruction of the Paleostructure and Paleogeogra- phy in the Orogenic Belts	(48)

Part II ARCHITECTURE AND EVOLUTION OF THE EAST QINLING OROGENIC BELT

Chapter 4 Large "Opening" and "Closing" of the Pre-Sinian Lithosphere —— the Formation of the Subduction Orogenic Belt and the Collision Orogenic Belt	(59)
4.1 Pre-Sinian Structural Evolution in the North Qinling	(59)
4.2 Pre-Sinian Structural Evolution in the South Qinling	(87)
4.3 Summary	(101)

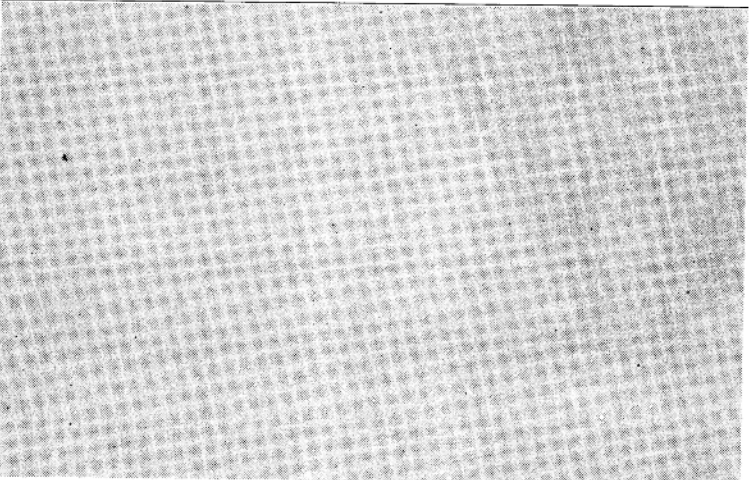
Chapter 5	Small "Opening" and "Closing" of the Sinian—Triassic Lithosphere — the Formation of the Faulted Orogenic Belt	(109)
5.1	Sinian—Triassic Structural Evolution in the North Qinling	(109)
5.2	Sinian—Triassic Structural Evolution in the South Qinling	(134)
5.3	Summary	(142)
Chapter 6	Bedding Plane "Opening" and "Closing" within the Lithosphere in Late Triassic—Early Cretaceous — Decollement, Detachment and Thrust Nappe Structures	(145)
6.1	Late Triassic—Early Cretaceous Structural Evolution in the North Qinling	(145)
6.2	Late Triassic—Early Cretaceous Structural Evolution in the South Qinling	(150)
Chapter 7	Dissected Bed "Opening" and "Closing" within the Lithosphere Since Late Cretaceous — Block Structures	(163)
7.1	Fault Pattern	(163)
7.2	Structural Basins	(164)
7.3	Manner of Block Activities	(166)
7.4	Himalayan Structures-thermal Events	(169)
7.5	Interpretation of Neotectonics by Satellite Photographs	(171)
Chapter 8	Architectural Characteristics of the East Qinling Orogenic Belt	(174)
8.1	Characteristics of Supra-architecture	(174)
8.2	Characteristics of Infra-architecture	(175)
8.3	An Approach to the Relationship between the Supra-architecture and the Infra-architecture	(179)
Conclusion		(180)
References		(181)
Illustration of the Tectonic Map of the East Qinling Orogenic Belt		
Appendix 1 Tectonic Map of the East Qinling Orogenic Belt		
Illustration of Plates		
Appendix 2	Plates I — IV	

第 一 篇

理 论 与 方 法

PART I

THEORIES AND METHODS





第一章 构造运动与造山带

杨巍然

第一节 造山带的概念

造山带是地壳中巨大而窄长的、通常呈直线到弧形的构造带，机械变形强烈，热液活动集中。山脉是造山带的一种地貌景观，但并不是我们所谓的造山带的全部。古代的造山带虽然是仍可辨认出的区域变形带，但有些已夷平成平原；目前正在形成的造山带，主要构造部分可能不在山脉中，而距地表10km、50km甚至更深的部位。因此，山脉只是造山带的顶部形象，也可以说，造山带是发生过造山运动的山系，它是从成因上对山岳构造的概括。

经典的造山带理论是和地槽的发展相联系的。一般认为典型地槽是一条窄长的沉降分异带，其发展后期才经受造山作用，主要是强烈的变形作用、部分岩浆侵入和变质作用。板块构造学说问世后，地槽概念受到猛烈冲击，有些持板块构造观点的学者认为所谓地槽沉积和造山作用之间毫无因果联系，提出造山带是板块聚敛所致，故出现了俯冲造山带和碰撞造山带概念。近年来，许多学者逐渐赞同增生假说，又提出增生造山带类型，这种造山带是一种构造镶嵌体，是由原来不同时代不同地区形成的大量隔离的地体增生而成，这些隔离地体，原来可以是岛弧、古老大陆碎块或海沟沉积体。地体增生概念更证实了地槽沉积与造山作用无直接联系。

俯冲造山带、碰撞造山带、增生造山带一般都是板块边缘构造，无疑是造山带的主要类型。然而板内某些地区，由于断裂强烈活动也可形成造山带，作者称之为断裂造山带（faulted orogenic belt or fracture orogenic belt），它不仅是板内一种重要构造，而且是造山带中一种不容忽视的成因类型。

目前，大陆岩石圈的研究已成为现代地球学科的前沿，而造山带一直是大陆构造中最引人注目研究课题之一（Ronald, 1987）。这是因为许多重要的区域构造集中于造山带内，卷入造山带的构造产生了巨大的变形幅度，而且反映了地壳有规律的变形，这里也是岩浆活动、变质作用最强烈的地带，是壳幔之间相互作用和转化最剧烈而明显的地带，是岩石圈演化史中各种事件记录最详细的地带。因此，造山带是一个具有重要理论意义和实践意义的地区。通过对它的研究，我们不仅能深入了解壳幔演化规律和探索地球发展的奥秘，而且可以进一步寻找矿产资源和能源，为人类预测和减轻地质灾害，保护环境方面作出积极贡献。

造山带有一个形成、演化和发展过程，它们均取决于构造运动。

第二节 构造运动及其基本类型

物质总是处在不断运动、变化和发展过程中，地质构造也不例外，一切地质构造都是构

造运动所造成的结果。

构造运动有广义和狭义的理解,前者指岩石圈内部物质的一切物理的和化学的运动,其中包括地壳的变形、变质和岩浆活动等;后者是指主要由地球内力作用所引起的地壳隆起、拗陷和各种构造形态形成的运动。我们采用广义的理解。

构造运动可以从不同的角度进行分类,在一般地质文献中,常用垂直运动、水平运动、振荡运动、造陆运动、造山运动、褶皱运动和断裂运动等概念来描述。马杏垣(1982)曾按构造应力作用状态和变形体制的不同,将地壳的构造运动概括为“升”、“降”、“开”、“合”、“扭”5种形式。

作者认为“开”与“合”是最基本的构造运动形式,它是构造运动中一对主要矛盾。“开”即开裂,开裂可以形成盆地、裂谷、拗拉槽、槽地、大洋等构造,它们各有不同的岩浆、沉积、变质和成矿特征;“合”即聚合,聚合则褶皱造山、隆起成陆,同样伴随着特有的多种地质事件。在地史上,大陆与大洋演化的最基本特征是“开”“合”有规律的重现。开裂的最终产物是大洋的出现,聚合的最终结果是大陆的联合、固结。地壳、岩石圈就是这样不断开裂又不断克拉通化地发展(杨巍然,1984)。

“开”与“合”是构造运动的基本形式,这也是符合自然界一切运动普遍规律的。恩格斯指出:“一切运动的基本形式是接近与分离、收缩与膨胀”。分离和膨胀都导致地壳和岩石圈的开裂,接近与收缩则造成地壳和岩石圈的聚合。因此,“开合律”成为地学辩证法的重要规

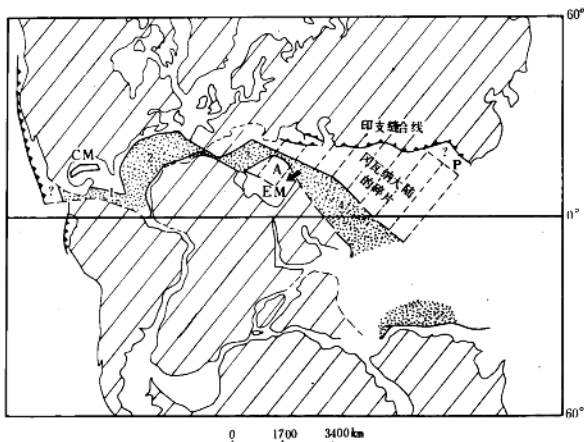


图 1-1 晚侏罗世特提斯复原图

(据 Bernoalii 等, 1980)

Fig. 1-1 Reconstruction of the Late Jurassic Tethys

细点—侏罗纪的特提斯洋; 1—加勒比特提斯 2—中大西洋 3—破蒙特—利古里亚洋 4—瓦尔达尔—印度河—雅鲁藏布江大洋型特提斯 5—澳大利亚大陆边缘西北部 CM—墨西哥湾 A—阿普利亚地块 EM—东地中海 P—古特提斯可能的形迹 箭头—蛇绿岩局部仰冲到东阿普利亚地块之上

律之一。

“开合律”有两个重要特征：

1. 互补性 在空间上“开”“合”相辅相成，一个地区开裂，相邻地区必然聚合。互补性表现在不同级次的构造中。互补性的例子是中生代初期，新特提斯洋的打开和古特提斯洋关闭相伴随（图 1-1）。互补性的另一个例子见于北美，白垩纪—第三纪期间的拉拉米运动影响范围十分广泛，几乎波及了落基山及其以西的整个北美西部地区。在西侧太平洋沿岸，表现为挤压、推覆断裂、褶皱变形；在东部则以垂直断块运动为主，断裂导致了盆地下降、山块上升，其断裂位移可达数公里，造成了著名的盆岭地形。互补性在中国的例子为古生代时中国古陆内部发生大规模张裂，形成南天山—北山裂解带，北秦岭—祁连—昆仑裂解带，南秦岭—大巴山裂解带。相反地在其边缘广泛发生挤压；北与西伯利亚古陆对接；南与南海—印支古陆对接；西南与印度古陆对接。更大规模的例子如环太平洋构造域与特提斯构造域的相互关系：J₁—K₁ 环太平洋区以挤压为主，即燕山运动，形成大规模的推覆构造，而特提斯构

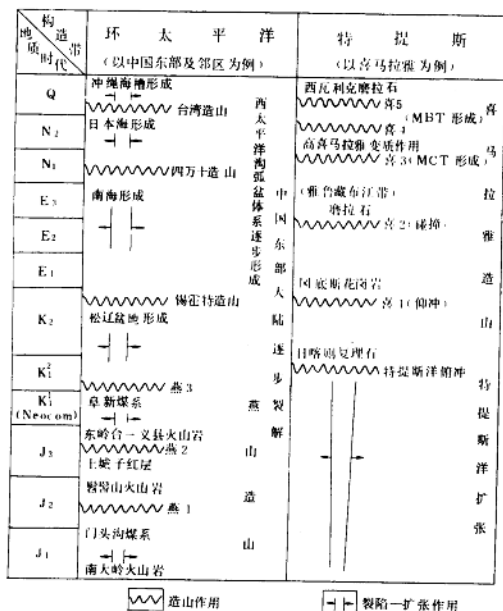


图 1-2 环太平洋与特提斯构造演化比较图

(据任纪舜, 1987)

Fig. 1-2 Comparison of the structural evolution between circum-Pacific belt and Tethys

MCT—中央主断裂 MBT—边缘主断裂

造域表现为强烈扩张；相反，K₁以后环太平洋构造域张裂占优势，松辽盆地、南海盆地、日本海盆地、冲绳海槽相继形成，而特提斯构造域挤压显著，特提斯俯冲、雅鲁藏布江碰撞为典型代表（图1-2）。“开”“合”互补性所造成的这种有规律的布局，成为划分古构造区、古构造带的基础。

2. 旋回性 在时间上“开”“合”可以互相转化：一个时期以“开”为主，另一个时期可转化为“合”占优势，“开”——“合”便构成一构造旋回。构造旋回也有不同级别，北京西山南部变形序列和地质事件演化规律是小区域内“开”“合”旋回划分的实例（表1-1）。表中的伸缩体制的交替出现，实质上就是“开”“合”旋回。

大区域构造旋回见于东秦岭—大巴山造山带，至少可以分4个大旋回：前震旦纪、震旦纪—中三叠世、晚三叠世—早白垩世、晚白垩世—现代（杨巍然，1987）。更大区域构造旋回划分可以中国为例，我们通过对全国各地地质时期重大地质事件的对比，列出了有代表性的造

表 1-1 北京西山南部变形序列与其它地质事件的关系

（据单文琅等，1989）

Table 1-1 Relationship between the deformed sequence and geologic events in southern part of Xishan in Beijing

变形旋回	世代	体制	构造事件			变质事件	岩浆事件
			构造类型	运动方向	变形相		
喜山旋回	D ₁₀	伸	辛开口断层为代表的山前断裂	→ SEE	脆性剪切破裂变形相	D ₁ Me ₃	
燕山旋回	D ₉		房山岩体的岩浆热动力构造：韧性剪切带及花岗岩长质的S-C糜棱岩结构带	↑	岩浆热动力变形相	水热蚀变 D ₁ Me ₂ 接触变质	D ₁ Ma ₃ 花岗岩长岩，花岗岩及石英闪长岩侵入
	D ₈	缩	南大寨逆冲推覆构造	← NNW	脆性剪切破裂变形相		D ₁ Ma ₂ 安山岩
	D ₇	伸	碧霞山组安山质火山喷发为代表的火山沉降盆地	↓	裂隙作用		
	D ₆	缩	NNE向北岭上叠向斜构造：基底岩层中的膝折带	← NNW	弹性纵弯曲变形相	D ₁ Me ₁ 区域变质作用绿片岩相（红柱石+硬绿泥石）	D ₁ Ma ₁ 中、酸性火山岩，玄武岩
	D ₅	伸	基性喷出，中、酸性爆发式火山活动，裂隙含煤盆地	↓	裂隙作用		
印支旋回（或更老）	D ₄	缩	东西向面理褶皱，轴面褶皱理，的纵向构造置换作用	← SN	弹性纵弯曲变形相	D ₁ Me ₂ 退变质作用绿片岩相	D ₁ Ma ₂ 暗色闪长岩及闪斜辉斑岩岩体侵入（2.07亿年）
	D ₃	伸	层间剥离断层，下盘碳酸盐岩糜棱岩化	→ SEE	脆-韧性剪切（滑脱）变形相		
	D ₂	缩	黄山店，霞云岭推覆构造	← NNW	脆-韧性剪切（推覆）变形相	D ₁ Me ₁ 区域热动力前进变质作用低角闪岩相（蓝晶石、十字石）	D ₁ Ma ₁ 片理化闪斜辉斑岩脉及闪长岩岩床侵入
	D ₁	伸	褶皱层及基底剥离断层发育，顺层地槽褶皱及顺层韧性剪切带的横向构造置换作用	→ SEE	变质固结流变变形相		

注：D₁ Me₁—变质作用期次 D₁ Ma₁—岩浆活动期次

山作用 25 个和裂陷作用 18 个, 以它们作用的范围以及与之有关的沉积、岩浆、构造、变质特点而确定其构造作用强度。根据构造强度并结合考虑岩浆作用、热液变质作用、古地磁的扰变和生物演化的集中变革等, 将我国区域构造的发展划分为阜平、吕梁、晋宁、加里东、海西、印支、燕山和喜马拉雅等构造阶段(旋回)(杨巍然, 1984)。一般情况下, 构造旋回是从裂陷作用开始, 至造山作用结束, 如五台裂陷→五台运动, 津沱裂陷→吕梁运动, 祁连裂陷→祁连运动等。造山作用使大陆固结程度增高, 也为大陆裂陷准备了条件, 所以往往经历一次造山运动以后, 紧接着产生新的裂陷, 开始一个新的构造旋回。构造旋回的划分揭示了地壳不断裂陷又不断克拉通化地发展。另一方面, 不同旋回除共性外还有它的特殊性, 反映了区域构造发展的不可逆性, 随着时间的迁移, 地壳和岩石圈演化的条件和模式有所差异。

在强调“开”“合”的主导作用的同时, 作者还一再指出剪切运动, 它是伴随“开”“合”运动的另一重要型式, 寓于不同尺度、不同层次的构造演化中, 在区域构造演化中起着特殊的桥梁和纽带作用, 通过它把各种类型构造、各层次构造联结为—整体; 转换断层协调大洋板块的扩张与俯冲; 走滑断层协调大陆盆地的形成、造山带的演化和地体的迁移; 韧性剪切协调深部构造变形并将地表构造与深部构造联系起来。

“开”、“合”、“剪”是三种最重要的构造运动, 它们处于同一运动体系中, 本质上属于一个整体, 但三者的作用与地位不平衡。其中“开”、“合”是一对主要矛盾, 剪切是联系二者的纽带; “开”、“合”往往导致地覆天翻式的突变, 甚至灾变, 地壳分分合合的周期性突发事件, 不断推动着全球构造的演化。而剪切运动则常常表现为渐变; “开”、“合”常常伴随着地壳的生长与消亡, 表现为质变特征, 而剪切一般无地壳消亡与新生, 属于量变范畴(杨巍然、彭建兵, 1990)。“开”、“合”、“剪”的有机组合便构成了各地区构造的完美图象, 并决定着各时期构造的演化和发展。

第三节 构造运动与造山带的关系

上面是对构造运动特征及其制约地壳构造演化的一般描述, 但对一个地区或一个造山带进行具体研究时, 还必须深入研究构造运动的性质及其对造山带形成、演化 and 发展的影响。

一、“开”、“合”运动控制造山带的类型及其结构与演化

“开”、“合”是一个非常复杂的过程, 不同时期、不同地区均有不同的表现, 概括起来可划分为几种类型, 它们也就决定了不同类型造山带的特点、成因和名词体系。

“开”“合”类型(a type of opening and closing)是各种开合特征的综合概括, 其中“开”“合”方式(a pattern of opening and closing)和“开”“合”尺度(the scale of opening and closing)是最重要的因素。“开”“合”尺度既包含垂向上影响深度, 又包括平面上“开”“合”距离。“开”“合”类型是通过分析具有成因联系的区域地层、构造、岩浆活动、变质作用和矿化特征的有规律的组合来确定的。因此, 随着区域地质研究的深入, 将不断总结出新的“开”“合”类型, 我们目前划分了 5 种“开”“合”类型, 相应地形成不同特征的造山带。

1. 岩石圈的大“开”大“合” “开”“合”规模大, 影响整个岩石圈, 突出表现为大陆解体、洋壳形成。大陆、大洋之间存在着过渡地带——大陆边缘, 可分主动大陆边缘和被动大陆边缘。主动大陆边缘的演化基本可以用板块构造体制加以概括, 故名词体系可参照现有

板块构造中的一些名词：大洋中脊是扩张的中心，洋壳形成是扩张的产物，当扩张不均匀时，转换断层协调整个运动过程；从大陆上分裂出来的一些块体也是扩张的标志，称微型大陆，它经常成为岛弧中的成员之一；俯冲带是聚合的标志，进一步可划分出海沟、岛弧（或陆缘弧）、弧前盆地、弧后盆地等单位，在复杂情况下可出现双列岛弧，此时可用海沟、岛弧、弧间盆地、陆缘弧、弧后盆地这套名词体系；当板块进一步演化使洋壳消失、两大陆碰撞时出现地缝合线，王鸿祯（1981）称之为对接带（convergent crustal consumption zone）。俯冲带、对接带都是聚合的显著标志，而蛇绿岩套又是俯冲带、对接带最重要的要素，最终形成俯冲造山带和碰撞造山带（图 1-3）。

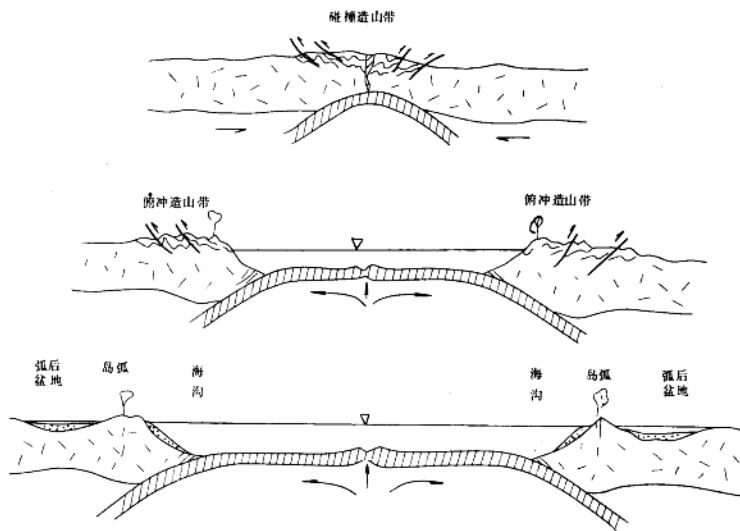


图 1-3 俯冲造山带与碰撞造山带形成示意图

Fig. 1-3 Scheme of the formation of the subduction orogenic belt and the collision orogenic belt

被动大陆边缘，虽然不是板块边界，但这里构造非常复杂，而且有一定的规律，可分为两个带，内带称之为陆壳改造区，它是在陆壳基底上由于断裂“活化”所致，形成裂陷槽；外带称为陆缘演化区，如华南加里东阶段划分出江南陆壳改造区和华夏陆缘演化区（图 1-4）。实际上主动大陆边缘也可分为两个带，前述的双列岛弧中陆缘弧和弧后盆地属陆壳改造区；海沟、岛弧和弧间盆地为陆缘演化区。王鸿祯*（1989）在论述古大陆边缘的发展中，也划分了两个类似的单位，靠大陆一侧称裂陷槽，外侧称边缘裂陷槽，如华北大陆北缘的查尔泰裂陷

* 王鸿祯，1989，中国元古代及早古生代构造格局与大陆边缘的发展，大陆构造及成矿作用学术讨论会论文摘要汇编，

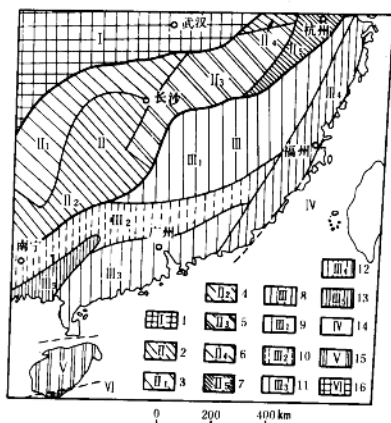


图 1-4 华南加里东阶段构造分区图

Fig. 1-4 Caledonian structural provincialization in South China

1—扬子陆壳稳定区 2—江南陆壳改造区 3—7—江南区次级单位 8—华夏陆缘演化区 9—13—华夏区次级单位 14—东海—琼州海峡推覆洋壳区 15—海南岛陆缘演化区 16—南海陆壳稳定区

槽 (Pt_2) 和白云鄂博裂陷槽 (Pt_2-Pz_1), 华北大陆南缘的熊耳裂陷槽 (Pt_2) 和宽坪边缘裂陷槽 (Pt_2-Pt_3')。

这种岩石圈的大“开”大“合”, 其“开”与“合”的位置相距甚远, 故其运动可用地幔对流机制来解释, 运动方式为“传送带式” (conveyor-belt type), 也有人用重力-推拉模式来解释。

2. 岩石圈的小“开”小“合”

“开”“合”规模较前减小, 有些只在岩石圈内部, 有些断裂切穿岩石圈, 并形成局部洋壳, 同时在空间上往往是一系列开合带平行展布, 在时间上出现多旋回的“开”“合”。小“开”小“合”仅就单个构造带而言的, 一系列带的累积“开”“合”规模还是相当可观的, 故从整体规模而言, 仍属于岩石圈级“开”“合”。

这种“开”“合”表现为大陆裂开或裂陷, 形成陆间或陆内裂谷盆地, 因为只局部出现洋壳, 不构成大陆、大陆边缘和大洋并存的格局, 聚合时也不形成俯冲带, 而只是侧向挤压强烈、褶皱断裂发育及花岗岩侵入, 并形成热动力变质作用, 形成造

山带。这种造山带严格地说是在板块内或在地台内部, 是由台间海槽发展成的造山带, 由于断裂在其发展中起主导作用, 故称之为断裂造山带。进一步可划分断隆、断拗等次级构造单位。关于断裂造山带的特点及其演化将在第二篇第二章小结中加以总结。

岩石圈的小“开”小“合”, 每个单位“开”“合”规模不大, “开”与“合”的位置相距不远, 相邻几个构造单位平行分布, 因而, 其运动组合型式为手风琴式 (accordion type), 其形成机制与深部构造关系密切, 有些可能与地幔局部对流有关。

3. 岩石圈的顺层“开”“合”

“开”与“合”局限在岩石圈内部, 而且主体是沿一个或多个薄弱面发生的

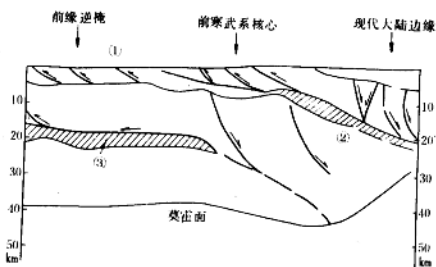


图 1-5 阿帕拉契亚山的低速 (高导) 层

(引自陈焕镛, 1990)

Fig. 1-5 Low velocity (high conductivity) Layers in Appalachian

①—阿帕拉契亚的表层逆冲 ②—古老碰撞事件变质沉积岩加入深部地壳中 ③—壳内低速 (高导) 层