

中国东部 中、新生代火成岩及其深部过程

ZHONGGUODONGBU ZHONGXINSHENGDAI HUOCHENGYAN JI QISHENBUGUOCHENG

● 李兆鼎 等著

地质出版社

Meso - Cenozoic Volcanic Rocks and Their Deep Process in Eastern China

Li Zhaonai *et al.*

GEOLOGICAL PUBLISHING HOUSE
BEIJING

ISBN 7-116-03925-2



9 787116 039254 >

ISBN 7-116-03925-2
P-2424 定价: 50.00 元

“八五”地质矿产部重点基础研究项目

中国东部中、新生代火成岩 及其深部过程

李兆鼎

权 恒 李之彤 毛建仁
李汉声 吴才来 郝艳丽 著
张招崇 王碧香 刘 焰

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是在地质矿产部“中国东部滨太平洋地区中、新生代火成岩组合、时空分布和岩浆作用的动力学过程”重点项目研究成果基础上编写而成。全书五章,第一章介绍中国东部滨太平洋地区中、新生代岩浆作用的地质背景;第二章介绍东北地区中、新生代火成岩和岩浆作用;第三章介绍华北陆块中、新生代岩浆岩和岩浆作用;第四章介绍华南地区中、新生代岩浆岩和岩浆作用;第五章介绍非稳定大陆岩浆作用形成演化的地球化学和动力学过程。

图书在版编目(CIP)数据

中国东部中、新生代火成岩及其深部过程/李兆鼎等著.-北京:地质出版社,2003.4
ISBN 7-116-03925-2

I. 中… II. 李… III. ①中生代-火成岩-地球动力学-中国②新生代-火成岩-地球动力学-中国
IV. P588.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 093955 号

责任编辑:刘凤仁 陈军中 江晓庆

责任校对:黄苏晔

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)

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 mm ¹/₁₆

印 张:23

字 数:520 千字

印 数:1—1000 册

版 次:2003 年 4 月北京第一版·第一次印刷

定 价:50.00 元

ISBN 7-116-03925-2/P·2424

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

前 言

本书是在原地质矿产部“八五”重点基础项目“中国东部滨太平洋地区地质构造、岩浆演化和成矿作用”中的“中国东部滨太平洋地区中、新生代火成岩组合、时空分布和岩浆作用的动力学过程”课题研究工作的基础上，由中国地质调查局资助，由作者补充、修编而成。

中国东部中、新生代火成岩是环太平洋构造-岩浆-成矿带的一个重要组成部分，多年来一直受到中外地质学家的高度重视，也是我国地学研究的热点之一。20世纪80年代以来，有许多地质学家在该区进行了多学科的研究，积累了丰富的资料，为研究该区构造-岩浆活动历史及其深部过程提供了重要信息。

中生代是中国东部显生宙中最重要的构造变革时期，构造域由近东西向变为北东-北北东向，同时深部岩石圈发生了大规模的减薄。这些重大的地质事件同样也反映在岩浆活动上，所以近年来对中国东部中新世代火成岩的研究受到了广泛的重视。然而，与此有关的重要问题目前还是没有达到共识，如火成岩组合的性质和特点、火成岩形成时的大地构造背景、粗安质火山岩组合的岩浆成因以及中生代岩浆活动的深部过程等。产生认识分歧的主要原因之一是相关的研究主要局限于某一地区，很少对整个中国东部火成岩进行全面系统的研究。本书作者通过长期对中国东部火成岩的研究，并利用了“中国火成岩数据库”（李兆鼐、尚如相）和“世界火成岩数据库”（Brandle、李兆鼐和尚如相合作，1995）以及《中国火成岩地质图》（李兆鼐主编，1997）的成果，同时也系统学习并充分吸收前人的工作成果基础上，充分利用已有的地质、地球物理资料，系统总结了我国东部中、新生代火成岩的时空分布特征、岩石学和地球化学特征；探讨了中国东部中、新生代不同块体之间的相互作用与岩浆活动的关系以及岩浆活动的深部动力学背景。

本书将中国东部中生代火成岩划分为3个岩省、10个岩带和21个岩区，并分地区（东北、华北和华南）对各岩省的火成岩时空分布特征以及岩石学和地球化学特征进行了系统的总结和研究，在此基础上探讨了火成岩的成因及其与区域构造背景以及深部动力学过程的关系。在这些工作的基础上，划分出14种火山岩组合和9种侵入岩组合，并论述了这些火成岩组合的基本特点，指出中国东部多块体拼合大陆中生代火成岩有其自身的特点，它既不同于与俯冲作用有关的岛弧或活动大陆边缘的火成岩，也不同于典型的板内火

成岩。同时选择其中两个具有代表性的火成岩组合（粗面英安质-流纹质火山岩组合及花岗闪长岩-碱长花岗岩侵入岩组合、玄武粗安质火山岩和辉长二长质-二长质侵入岩组合），对其岩石成因进行了讨论，指出不同的火成岩组合与其源区的对应关系。另外还讨论了新生代基性火成岩的源区，认为中国东部新生代火成岩存在5种类型地幔源区，即亏损型、似原始地幔型、富集型、混合型和再循环型。结合已有的地球物理资料，提出了“圈层-板根-沉块-D//层”模型，并用该模型解释了中国东部新生代岩浆活动的深部动力学背景。

书中有关火成岩大类的术语系统以国际地科联火成岩分类学分委会推荐的方案（Le Bas, 1986）为基础，而对国际分类尚未涉及但对中国大陆有重要意义的火成岩的命名，以中国地质学会岩石专业委员会推荐的方案（李兆鼎、王碧香等，1984）为依据；对于经过区域变质和改造的火山岩，原则上按所恢复的原岩予以命名。文中涉及的区域地质名词，原则上参照《中国区域地质概论》（程裕淇主编，1995）的术语体系。有关大地构造的术语尽量采用国际上普遍接受的习惯用法。

本书的基石和精髓是原课题负责人李兆鼎研究员奠定的，其中第一、五章和结语由李兆鼎研究员执笔，李汉声、张招崇和王碧香研究员补充、修改，邱家骧和周珣若教授审阅并提出修改意见；第二章由权恒和李之彤研究员执笔；第三章由吴才来研究员和郝艳丽副研究员执笔，李汉声和刘焰研究员对新生代火山岩进行了补充；第四章由毛建仁研究员执笔。权恒和李之彤研究员对全稿进行了审阅。李汉声、张招崇和吴才来研究员审核、统编全稿。

郭文魁院士为原项目的首席科学家。在实际工作过程中得到了中国地质科学院及中国地质科学院地质研究所领导的大力支持，并得到过王鸿祯、李廷栋、沈其韩、肖序常、许志琴院士，崔盛芹和陶奎元研究员，邱家骧和周珣若、林景仟、许文良、鄂莫岚、刘若新、莫宣学、邓晋福教授，耿树方、徐志刚、牛宝贵和尚如相以及杨经绥研究员等专家的支持和指导；乔莉高级工程师、费振璧译审等参加了部分工作；吴燕玲、王美秋等负责清绘和排版等工作。在此一并致以诚挚的谢意！

由于主笔李兆鼎研究员过早地离去，书中有些资料的出处等难以注明，望原作者和读者海涵；文中错误和不足之处，恳请读者不吝赐教和指正。

作 者
2002年12月于北京

目 录

第一章 中国东部滨太平洋地区中、新生代岩浆作用的地质背景	(1)
一、大地构造性质	(1)
二、构造-岩浆域	(6)
三、控制岩浆活动的主要断裂系统	(10)
第二章 东北地区中、新生代火成岩和岩浆作用	(12)
第一节 岩浆作用的地质背景	(12)
一、岩石圈结构	(12)
二、地质块体划分	(16)
三、古地磁特征及构造演化概述	(23)
第二节 岩浆岩时代划分和空间分布	(25)
一、岩浆作用阶段和同位素地质年代学	(25)
二、岩浆岩区带划分	(30)
第三节 火山-侵入岩地质-岩石-矿物-地球化学特征	(34)
一、东北西部中生代火山-侵入岩	(35)
二、东北东部中生代火山-侵入岩	(70)
三、东北地区新生代火山-侵入岩	(98)
第四节 东北地区中、新生代岩浆岩的物质来源及形成机制探讨	(109)
一、同位素地质特征	(110)
二、岩浆物质来源探讨	(115)
三、岩浆形成深部机制浅谈	(118)
参考文献	(121)
第三章 华北陆块中、新生代岩浆岩	(125)
第一节 岩浆作用的地质背景	(125)
一、微陆块及其变质基底岩系特征	(125)
二、断裂构造	(126)
三、前印支期岩浆岩特征简述	(126)
四、华北陆块岩石圈结构特征	(128)
第二节 岩浆岩区带及时代划分	(128)
一、岩浆岩区带划分	(128)
二、岩浆活动期次划分	(129)
第三节 中生代岩浆岩地质学及岩石地球化学	(130)
一、华北陆块北缘岩浆岩带	(130)
二、华北陆块南缘岩浆岩带	(142)
三、华北陆块东部岩浆岩带	(162)
四、华北陆块中部岩浆岩带	(178)

第四节 新生代火山岩时空分布、地质及地球化学	(190)
一、时空分布	(190)
二、重要岩区岩石特征	(193)
三、形成机制探讨	(197)
第五节 岩浆物质来源及形成机制	(197)
一、同位素地质特征	(197)
二、岩浆物质来源	(213)
三、形成机制探讨	(213)
参考文献	(215)
第四章 华南地区中、新生代岩浆岩和岩浆作用	(220)
第一节 岩浆作用的地质背景	(220)
一、地质背景分区	(220)
二、各区带前寒武纪基底特征	(221)
三、各区带岩浆岩组合	(223)
第二节 岩浆岩和岩浆作用的地质学特征	(224)
一、中生代火山-侵入岩的地质学特征	(224)
二、中生代侵入岩与火山岩的时序及成因类型	(228)
第三节 岩浆岩区带的岩石地球化学特征	(235)
一、岩石系列、组合和地球化学特征	(235)
二、Pb、Sr、Nd 同位素反映分区性特征以及火成岩与基底源岩的关系	(245)
三、构造-岩浆演化及壳幔分异	(264)
第四节 岩浆作用形成机制和动力学过程	(267)
一、源区组成和壳-幔作用	(267)
二、岩浆演化与分异	(276)
三、深部动力学过程的几点思考	(283)
参考文献	(286)
第五章 非稳定大陆岩浆作用形成演化的地球化学和动力学过程	(290)
第一节 中、新生代火山岩和侵入岩的岩石组合	(290)
一、火山岩的基本组合和主要特征	(290)
二、侵入岩的基本组合和主要特征	(302)
三、多块体拼合大陆火成岩组合与岛弧和活动陆缘的区别	(313)
第二节 中、新生代岩浆作用的动力学阶段和时空分布	(319)
一、岩浆作用的动力学阶段	(319)
二、中、新生代火成岩组合的时空分布	(321)
第三节 再活动大陆岩浆作用的形成机制	(325)
一、粗面英安质-流纹质火山岩组合及花岗闪长岩-碱长花岗岩侵入岩组合的形成机制	(325)
二、玄武粗安质-粗安质火山岩和相应侵入岩组合的形成机制	(331)
第四节 中、新生代岩浆作用的深部过程	(336)
一、中生代火成岩组合与壳幔结构和组成的相关性	(336)
二、新生代玄武岩组合与上地幔类型的相关性	(338)
三、岩浆作用与深地幔、热状态和物质运动的关系	(340)
参考文献	(351)
结语	(356)

第一章 中国东部滨太平洋地区中、新生代岩浆作用的地质背景

一、大地构造性质

区域地质和古地磁资料研究表明,中国东部大陆是由若干块体先后拼合而成的,其拼合过程从晚古生代后期开始,到中生代结束。中生代是中国东部最重要的构造变革时期,这一时期古生代的构造格局被打破,滨太平洋域开始发展。不同时期形成的构造互相叠加,形成了十分复杂的构造图案。但是,由于不同地区基底性质不同,发展的不平衡,其中、新生代时期的相互作用和演化历史亦不同,现分述如下。

(一) 东北地区

该地区中、新生代岩浆活动的地质背景,由3个基本构造单元所组成,即由西伯利亚南缘增生带、华北陆块北缘增生带和完达山板片所组成,基本上以西伯利亚南缘增生带为主体,其内部次一级构造单元组成较为复杂。

1. 西伯利亚板块南缘增生带

自西而东包括:额尔古纳-兴安北段加里东-中华力西褶皱带、内蒙古-兴安南段晚华力西褶皱带、锡林浩特中间微陆块、嫩松微陆块、伊春-延寿加里东褶皱带和佳木斯陆块。①额尔古纳-兴安北段褶皱带的西带,基底为元古宇变质岩系,上覆早古生代地层,在额尔古纳为寒武系—奥陶系的碎屑岩,夹酸性火山岩;在喜桂图-兴隆地区为奥陶系、志留系的碳酸盐岩和火山岩,中下泥盆统为碳酸盐岩和碎屑岩,含放射虫硅质岩,上泥盆统出现双峰式火山岩组合,下石炭统为复理石建造、火山岩和放射虫硅质岩;发育华力西期的花岗岩;在伊列克得-呼玛地区出现蛇绿岩。该褶皱带的东带在内蒙古北部-兴安岭北段,下寒武统为碳酸盐岩;奥陶系在多宝山地区为岛弧火山岩;上泥盆统为陆相碎屑岩;下石炭统为玄武质到流纹质火山岩,中石炭统为海陆交替相碎屑岩和火山岩,上石炭统为陆相安山质熔岩和碎屑岩;华力西中、晚期有辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩和花岗岩,晚期伴有正长岩和碱性花岗岩,还有燕山期的碱长花岗岩和碱性花岗岩出现;元古宇褶皱为紧闭型,古生界中的为舒缓型,发育北东向断裂。②内蒙古-兴安南段褶皱带,可分南、北两带,北带的下部为泥盆纪蛇绿岩套,上部为陆表海沉积的石炭—二叠系,发育华力西晚期和燕山早期的侵入岩,有石英闪长岩、花岗闪长岩和花岗岩。南带发育晚古生代地层,石炭系为泥页岩、碳酸盐岩和英安质、流纹质火山岩,并有蛇绿岩的构造侵位,下二叠统以钙碱性流纹质、英安质火山岩和碳酸盐岩为主。在黄岗梁—碧流台一带还见岛弧拉斑玄武岩,上二叠统为陆相砂页岩,主要发育燕山期二长花岗岩和钾长花岗岩。褶皱在早石炭世以前为线型紧闭型,晚石炭世以后为舒缓开阔型,断裂发育,以北东向为主,并伴有北北东向压性和北西向张性断裂。③锡林浩特微陆块,基底为元古宇的片岩、

片麻岩和碳酸盐岩,上覆下寒武统的火山岩、上志留统细碎屑岩、含铁硅质岩、泥盆-石炭系的海陆交替相碎屑岩、火山岩和二叠系。侵入岩以华力西期闪长岩和斜长花岗岩为主。该陆块为线型紧密褶皱,发育北东向大型韧性剪切带。④嫩松微陆块,其北与俄罗斯境内的布列亚陆块相连,大部分被中、新生界所覆盖,出露最老的地层为新元古代变质岩系和相应的变质花岗岩,其盖层为上石炭统到上三叠统的海陆交替相到陆相的碎屑岩。侏罗纪和白垩纪为断陷盆地沉积。第三纪出现裂谷玄武岩。⑤伊春-延寿加里东褶皱带,位于嫩松和佳木斯微陆块之间,出露最老的地层为元古宙的变质岩系,上覆下寒武统的浅海相碎屑岩和碳酸盐岩,奥陶纪中统出现大量基性和中酸性火山岩,中泥盆统为钙质碎屑岩,下三叠统为陆相碎屑岩、泥岩,上三叠统一下白垩统为流纹质、英安质火山岩。产出有加里东期的辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩和印支期花岗岩,形成伊春-延寿花岗岩带。⑥佳木斯微陆块,由太古宇和古元古界变质岩构成陆核,中、新元古界为大陆边缘裂谷产物(黑龙江群和张广才岭群),上覆下寒武统和下泥盆统沉积地层,中、新生界为陆相碎屑岩。发育多期侵入岩,包括新太古代片麻状花岗岩、紫苏花岗岩,元古宙花岗岩分布很广,还有元古宙的超镁铁质岩和辉长岩,早古生代的以碱长花岗岩为主,印支期为二长花岗岩、花岗岩和碱长花岗岩。褶皱以线型紧闭型为主,发育剪切带,也出现推覆构造和逆冲断裂。

2. 华北陆块北缘增生带

为加里东、华力西陆缘增生带,出露最老的地层为寒武系,由蛇绿岩套的岩石组成;奥陶系为钙碱性岛弧火山岩系,中志留统为类复理石建造,上石炭统为海陆交替相和陆相磨拉石建造。岩浆活动强烈,加里东期为石英闪长岩、英云闪长岩,发育在吉林南部。在温都尔庙发育完整的加里东期沟-弧-盆体系、蛇绿岩套和双变质带,褶皱构造复杂,由4次叠加变成,为紧闭线型同斜、倒转、平卧褶皱。加里东褶皱带以北为西拉木伦华力西褶皱带,出露地层为石炭系泥页岩、碳酸盐岩和火山岩,伴有蛇绿岩的构造侵位,向东到吉林地区火山岩减少,碳酸盐岩增多,下二叠统为火山岩、复理石碎屑岩和碳酸盐岩,具岛弧特征。除华力西中期蛇绿岩外,主要为华力西晚期侵入岩,有石英二长岩、二长花岗岩,在东部以燕山期花岗岩类为主,褶皱为紧闭线型,多向北倒转,发育逆冲断裂。

3. 完达山板片

中生代由锡霍特褶皱带推覆到佳木斯陆块之上,主要由中三叠统含放射虫硅质岩、上三叠统放射虫硅质岩、泥质粉砂岩、浊积岩和混杂岩组成。侵入岩不很发育,有花岗闪长岩、英云闪长岩、那丹哈达岭蛇绿混杂岩,构造侵位于晚三叠世到早侏罗世浊积岩中,由超镁铁质岩、辉长岩、辉绿岩岩墙群、枕状玄武岩、硅质岩和正常沉积岩所组成,以推覆体方式构造侵位。

(二) 华北地区

华北陆块是我国由最古老结晶基底形成的相对稳定的克拉通。除了陆块北缘和南缘增生带为古生代造山带之外,陆块内部在古生代主要表现为形成近东西向(北东东和北西西)和近南北向(近南北向和北北东向)的断裂活动和断块的差异升降,中、新生代构造-岩浆活动逐渐增强,从断块差异升降、走滑到拉张裂解,并伴随相应的岩浆活动。陆块内部分以下几个构造单元。

1. 近东西向的构造单元

包括华北北缘隆起、燕辽中元古代裂谷带、华北南缘中元古裂谷带和阿拉善隆起。①华北北缘隆起带，以太古宇变质岩为主，古元古界出露很少。隆起西北部狼山、渣尔泰和白云鄂博拉张构造中发育中、新元古代的沉积变质岩系。主要褶皱轴、断裂带近东西向延伸。岩浆活动以华力西和燕山期为主，加里东和印支期也有分布。②燕辽中元古裂谷带，呈北东向分布，发育在早前寒武纪陆壳基底之上，开裂于中元古早期，形成海相长城系和蓟县系沉积，10 亿年前后上升为陆块以后又下沉，形成新元古代青白口系，8.5 亿年左右整体上升为陆块。在中生代其中段和东段形成一系列断陷盆地，伴随有火山喷发和侵入活动。③华北南缘中元古代裂谷带，近北西西向分布，西延到兰州、西宁，东到合肥以南，火山活动强烈，形成了中元古界熊耳群，具双峰式，主要为玄武安山质，上部为流纹英安质。裂谷发育在早前寒武纪陆壳基底之上，开裂于中元古代早期，闭合、褶皱在蓟县纪末（四堡运动），固结于青白口纪（晋宁运动）。④阿拉善隆起微陆块，在华北陆块最西部与塔里木陆块相连，其基底为太古宇、古元古界中—深变质岩系和中元古界浅变质碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩，缺少古生代沉积，中—新生代为内陆沉积，陆块周边有中、新元古代的花岗岩分布。

2. 近南北向的构造单元

自东而西包括胶辽隆起、鲁淮断隆和山西隆起，与之相间出现的有华北新生代裂陷盆地、鄂尔多斯边缘新生代地堑和鄂尔多斯中生代拗陷。①胶辽隆起，由三个地垒夹两个地堑所组成，地垒部分广泛出露太古宇、古元古界，大部分缺中元古界，新元古界为巨厚的碎屑岩和碳酸盐岩。盖层为古生界海—陆交替相沉积层。地堑部分为古元古代裂谷沉积，经历绿片岩相到角闪岩相的变质。岩浆活动以印支期和燕山期侵入岩为主，新生代发育裂谷玄武岩。②鲁淮断隆，基底为太古宇和元古宇，太古宇出露在断隆南、北两端。中元古界缺失，新元古界零星分布在淮南。古生界分布较广，其中石炭系、二叠系有南相北型的特征。中生代岩浆活动局限，平行郯庐断裂带近南北向展布，新生代以北西和近东西向张性断裂为主，并有断块差异升降活动。③山西隆起，是中生代以来的上升区，在太行山地区地壳厚度东侧为 38 km，西侧增到 43 km，是大兴安岭—太行山—武陵山重力梯度带的位置，构成山西隆起的东部边界，中间为北北东向延伸的汾渭盆地。隆起广泛出露新太古和古元古界的结晶基底，拗陷区以古生界为主，发育石炭—二叠系含煤地层，有北北东向和近南北向的断裂，并有零星燕山期的碱性岩浆侵入活动。④华北新生代裂陷盆地，位于郯庐和太行断裂之间，包括下辽河、渤海和华北平原，基底为太古宇。第三纪为河湖相碎屑岩。发育北北东向断裂，形成地垒和地堑相间的构造格局。其下为上地幔隆起带，莫霍面深度为 30~33 km，大地热流值较高。⑤鄂尔多斯中生代拗陷，三叠纪开始下沉，中生界为河湖、沼泽相沉积，发育较齐全，其下莫霍面为平缓的隆起区。晚白垩世整体上升。⑥鄂尔多斯边缘新生代地堑，位于鄂尔多斯中生代拗陷西部和东南部，形成银川地堑和汾渭地堑。基底为新太古—古元古界变质岩系，盖层寒武—奥陶系分布广泛，为当时陆缘盆地沉积。华力西、印支、燕山期为相对隆起的剥蚀区，喜马拉雅期形成地堑。

3. 秦岭地区（东段）

昆仑—秦岭地区东段主要由秦岭东段、大巴山和大别山所组成，其基底由不同时代的前寒武系所组成。秦岭地区东段由叠加在华南陆块北部边缘之上的南秦岭华力西—印支

褶皱带、武当山隆起、礼县-柞水华力西前陆褶皱带、桐柏-大别地块和胶南-苏北陆块,以及叠加在华北陆块南部边缘之上的北秦岭加里东褶皱带所组成。

秦岭-大别构造带异常上地幔带 P_n 波值为 $7.75 \sim 7.90$ km/s。它构成了华北刚性板块和华南刚性板块接触带的边界。剪切波速度值沿着秦岭-大别构造带形成了一条深度大于 240 km 的垂向低速带。它南侧的华南刚性板块 V_s 值为 $4.5 \sim 4.7$ km/s, 北侧的华北刚性板块相对柔软些, V_s 值为 $4.3 \sim 4.4$ km/s。华北板块下的软流圈较发育, 速度低 ($4.1 \sim 4.2$ km/s), 华南板块下的软流圈不发育, 速度相对较高 ($4.3 \sim 4.4$ km/s)。秦岭造山带下的软流圈特别发育, 速度仅为 $4.0 \sim 4.1$ km/s, 并形成了垂向低速带。秦岭构造带下不仅没有山根, 而且岩石圈地幔很薄, 软流圈上隆。太平洋板块俯冲带在这里俯冲作用和俯冲方向改变, 在秦岭构造带以南, 太平洋板块俯冲带的前锋位置是沿中国东部海岸分布的。然而, 在秦岭构造带以北, 太平洋板块俯冲带的前锋位置已到达大兴安岭-太行山东部边缘, 太平洋板块板舌的拆沉作用是松辽盆地和华北盆地形成的一个重要因素 (彭聪, 1999)。我们把秦岭地区放“华北”中论述。

(1) 叠加在华南陆块北缘之上的构造单元

①南秦岭华力西-印支褶皱带, 为扬子陆块的基底, 由前震旦纪郧西群、耀岭河群和武当山群的浅变质岩系组成; 晚震旦纪到中三叠世, 是本区主要活动期, 在拉张条件下, 形成隆凹相间的狭长断块分割, 在陆缘断陷形成寒武系、奥陶系和志留系的含炭质的泥岩、硅泥质碳酸盐岩和浊积岩, 并夹数量不等的火山岩, 具双峰式 (玄武质和英安-流纹质) 或为碱性系列的基性和中性火山岩。泥盆纪、石炭纪和二叠纪形成浅海相碳酸盐岩和碎屑岩; 早、中三叠世, 为深水复理石沉积, 局部夹中酸性火山岩; 中三叠世末, 整体上升, 形成晚三叠一早侏罗世含煤的陆相碎屑岩系。②武当山隆起, 是南秦岭的东延部分, 是南秦岭东端向西倾没的一个地背斜, 其早古生代地质历史与南秦岭相近, 晚古生代逐渐独立、主体为四堡期和晋宁期形成的郧西群、武当群、随县群和耀岭河群变质岩, 下古生界仅分布在随县南和北大巴山, 为炭硅质页岩、钙泥质页岩和碱性火山岩, 因而分为武当山隆起、北大巴山和随县-应山加里东褶皱带 3 个次一级构造单元。③礼县-柞水华力西前陆褶皱带, 太白山以东至南阳盆地, 主要由中、上泥盆统组成, 在柞水附近不整合在耀岭河群和寒武-奥陶系之上, 中上泥盆统为滨海、浅海相碎屑岩, 含大量来自北部造山带的变质岩和蛇绿岩的碎屑。泥盆纪之后, 形成海陆交替相含煤碎屑岩和碳酸盐岩。南阳盆地以东到郧庐断裂之间相当前陆沉积物的是石炭系海陆交替相沉积, 并不整合覆在下古生界二郎坪群和新元古界信阳群之上。④桐柏-大别微陆块和胶南-苏北微陆块, 主要由前震旦纪中、深变质岩组成, 位于北秦岭加里东主海槽系以南, 武当山隆起的东北端, 系武当山隆起根部的物质。

(2) 叠加在华北陆块南缘之上的北秦岭加里东褶皱带

基底具三层结构, 即最老是古元古界秦岭群等变质岩, 原岩为巨厚的陆源碎屑岩、钙质和镁质碳酸盐岩, 含石墨; 中层为中、新元古时期陆缘的弧盆体系; 上层为震旦纪和早寒武世造山后的陆表海沉积, 以冰碛岩、碳酸盐岩为主, 局部出现火山岩和含锰、含磷的岩系。早古生代扩张形成两个海槽夹一个中间隆起。代表北部海槽的岩系是二郎坪群和陕、甘交界的草滩沟群, 前者由玄武质火山岩组成, 夹硅质岩、含炭硅质岩和泥岩, 侵入岩有辉石岩、辉长岩、闪长岩和斜长花岗岩; 后者为一套火山沉积岩, 其上与石炭纪煤系

地层不整合。南部海槽沉积物，但只在断裂带附近保存少量残片，由蛇绿岩组成。中间隆起以秦岭群为代表，经历高温低压变质，有花岗岩浆活动。

(三) 华南地区

华南地区主要由扬子陆块、南华活动带、台湾活动带和南海盆地所组成，其主体为加里东褶皱系，志留纪末与扬子陆块拼合形成华南陆块，有新元古代到早古生代浅变质基底，有古、中元古代变质块体的卷入。晚古生代到中三叠世主要为浅海相沉积盖层，中、新生代滨太平洋陆缘活动强烈，陆内断陷盆地发育，并有大量中、酸性火山活动和花岗岩侵入。

1. 扬子陆块

扬子陆块是华南板块克拉通化程度较高的一分部，但仍有较大的活动性。陆块有双层基底，在四堡期、晋宁期固结，后经多次肢解和垂向增厚，加里东期为造陆运动，震旦纪—中三叠世陆块发育了良好的浅海相沉积盖层（在四川上扬子可达 10 km），中、新生代发育陆相沉积盆地。扬子结晶基底为早前寒武纪变质岩，仅见于其西北边缘，在下扬子和江南陆块浅变质层之下也有深变质岩。惟一的蛇绿岩带分布在歙县—德兴，是扬子与华夏古陆陆间窄洋盆的洋壳残片，由蛇纹岩、辉长岩（堆积）和枕状玄武岩组成，呈岩片推覆在歙县花岗岩闪长岩之上。扬子褶皱基底在固结过程经历了多次构造运动，江南微陆块中元古界在四堡期强烈褶皱；不整合在其上的青白口系的火山浊流沉积岩系，经晋宁运动进一步固结；震旦系上统为稳定型沉积。该区内扬子陆块可进一步分为五个微陆块，即①上扬子微陆块是华南板块的稳定核心，深成结晶基底近菱形，其上为四川中、新生代拗陷盆地，周边为盖层的弧形褶皱。②下扬子微陆块，古生代盖层广泛分布，褶皱发育，在大别山微陆块以南呈山字形褶皱弧，发育燕山期岩浆活动，火山岩分布在断陷盆地内，侵入岩在古生代沉积拗陷褶皱的局部构造穹窿或短轴背斜中，江汉、苏北和南黄海海域有中、新生代断陷盆地展布。③江南微陆块，为四堡期—晋宁期造山带裸露部分，是一个受到强烈推覆作用的山链，呈“S”形北东向延伸，陆块边缘有燕山期的斑岩侵入和流纹质、英安质火山岩的上叠式断陷盆地分布。④浙西微陆块，位于歙县—德兴、绍兴—鹰潭两条四堡期构造缝合线之间，中元古代晚期为海、陆交替的岛弧火山岩系，青白口系为陆内裂陷槽，震旦纪以后为扬子型沉积盖层，在印支期形成北东向褶皱带。

2. 南华复合褶皱系

南华地区是一个卷入了古、中元古代陆壳的加里东褶皱区。志留纪末与扬子陆块拼合，构成古华南大陆板块，晚古生代到中三叠世处于相对稳定的发展阶段，晚中生代、新生代，处于滨太平洋陆缘活动带，构造-岩浆活动强烈，其地壳组成包括元古宙—早古生代基底、晚古生代—中三叠世以浅海相为主的沉积盖层和中、新生代陆相火山-沉积盆地 3 个构造层，兼有年轻陆块和活动带的双重特性。南华褶皱系与扬子陆块，其古元古界有一定相似性，中元古界则有明显差异，可能在吕梁期后，南华基底是从扬子早前寒武纪克拉通分离出来的块体（“华夏古陆”），两者之间有窄洋盆相隔，加里东运动又使之与扬子陆块连为一体（但至今尚未发现代表洋壳的蛇绿岩套），之后沉积岩系特征大体相似，华力西—印支期南华地区局部发生裂陷，特别是右江地区是显著。燕山期—喜马拉雅期陆块的活动性增强，火山和侵入活动广泛发育。扬子和南华边界性质比较复杂，可能与边界各阶段发展历史的差异性有关，东部绍兴到萍乡之间，为叠加在四堡期—晋宁期古结合带上的

A型俯冲拼接带,界线清晰,浙西微陆块被叠覆,边界的北侧为稳定陆块的特点,中元古代仍保持低绿片岩相的低级变质,其南侧则不同,是一条热动力变质带,达角闪岩相和高绿片岩相,并发育有韧性剪切带。但在湘、桂、滇地区,两个构造单元的边界呈过渡性特征,大致以祁阳、桂林、宜山一线为界,其寒武系在以北为过渡性沉积,以南为活动性沉积。南华活动带可分为下列次一级构造单元:①湘桂褶皱系,发育在扬子基底斜坡上,广泛分布有晚古生代盖层,包括两个次一级褶皱带,即湘中南褶皱带,由晚古生代盖层组成的北北东到南北向的褶皱带,其下深部为构造变异带,上地幔软流圈顶面深陷达200~300 km;西南部为右江印支褶皱带,华力西期显示较强的北西向张裂,形成“台沟”沉积,印支期以陆源碎屑复理石沉积为主,伴有基性和酸性双峰式火山喷发和相应的岩浆侵入,印支运动形成褶皱。②华夏褶皱,发育在裂解了的华夏古陆块之上,西部以萍乡-北海拼接带与湘、桂褶皱系为界,内部结构复杂,可进一步分为四个次级构造单元:④武功-诸广褶皱带,为加里东褶皱基底广泛分布的一个浅变质块体;⑤武夷-云开褶皱带,为加里东褶皱带,发育复式花岗岩带,并有古、中元古界结晶块体的卷入,在浙西南和闽北呈块体出露;⑥东南沿海中、新生代火山断陷带,西部以丽水-莲花出断裂为界,广泛发育中生代酸性和中酸性火山岩;④琼中华力西裂陷槽,海南岛中北部为加里东褶皱带,并有中元古界岩块的卷入,石炭纪为裂陷槽,可能是特提斯海伸入的分支,晚二叠世褶皱,广泛发育华力西期和印支期的花岗岩。③钦州华力西褶皱系,系南华加里东期裂谷带的残留海槽,于早二叠世末闭合,形成北东向褶皱带和花岗岩带。

3. 台湾活动带

台湾地区以台东纵谷带为界,以东为海岸山脉褶皱带,以西为中央山脉褶皱带,台东纵谷带是一条强烈活动的地带,呈北北东向狭谷,两侧断裂带都兼有左旋平移的高角度逆冲断裂的性质,倾角55°左右,延伸达50 km以上,在其东100 km的深度范围内地震发育,可能是缝合带的延伸部分。①海岸山脉带,属吕宋岛弧的一部分,东侧为绿岛-兰屿火山岛弧,与菲律宾海相接,主要由奇美火山岩系组成;西侧为海岸山脉,由中新世奇美火山岩和上新世到早更新世复理石沉积组成,复式褶皱带整体北北东向,单体北东向,呈雁行式排列,并向西作叠瓦式逆冲。海岸山脉东南侧为上新世利吉层蛇绿岩,自下而上为超镁铁质岩、辉长岩、玄武岩和海相沉积岩(灰岩、粘土岩),是菲律宾海板块与化南板块前缘拼贴时铲刮上来的洋壳物质。②中央山脉褶皱带,包括台湾岛的大部分和台湾海峡东部,自东而西可分为3个部分:④东部大南澳隆起带,为台湾变质基底出露区,晚新生代为弧陆碰撞造山带的组成部分,以寿丰断裂为界,东侧为玉里高压低温变质带,有多期蛇绿混杂岩,代表燕山晚期库拉板块的俯冲带,西侧为太鲁阁带,由上古生界-白垩系组成的混杂岩带,其中卷入了华南大陆的二叠系石灰岩块体,为燕山期的高温低压变质带;⑤中部为台西前陆逆冲褶皱带,晚第三纪弧陆碰撞,前陆逆冲褶皱带逐渐向西推进,前陆盆地迭次向西迁移,褶皱向西变得更加紧密,并伴有一系列向西的推覆断裂带,恒春蛇绿混杂岩可能是由海岸山脉推覆而来的洋壳残片;⑥西部为台澎断陷带,形成在晚古新世,其东部为现今的前陆拗陷地带。

二、构造-岩浆域

我国东部的构造格局系新元古代(晋宁期)到三叠纪(印支期)海陆开、合和各块体

相互拼接,以及燕山期以来中国东部大陆与周边板块相互作用的结果,不同构造层和构造域形成了彼此交叉的“立交桥式”的复杂格局。根据构造运动的时间阶段、空间展布、配套组合和动力学体系,可分为四个基本构造-岩浆域。

(一) 古亚洲构造-岩浆域

古亚洲构造域包括秦岭和秦岭以北的中国北方大陆,其主体构造近东西向延伸,呈褶皱系和中间陆块、复合造山带和陆块相间的总体格局,其西部受特提斯构造域影响,略向北西西偏转,东部受滨太平洋北北东和北东向构造域的叠加改造,中部受安卡拉陆块的相对运动,构造线略向南弯。该构造域由东北构造区、华北构造区和秦巴构造区所组成。

1. 东北构造区即兴安-吉黑构造-岩浆区

是古生代西伯利亚板块和华北陆块北缘增生褶皱带,呈北东到北北东方向展布,在不同褶皱带之间夹有一些中间陆块。这些陆缘增生的复合造山带,主要形成在加里东期和华力西期,是洋壳俯冲作用形成的古岛弧、边缘海的岩浆活动和沉积作用的产物。在两大陆缘增生带从开始对接到拼合成为一个整体可能经历了一个过程,据地质学的证据认为在二叠纪全面对接(杨明桂、范承钧,1994),据古地磁证据认为到侏罗纪两者古磁极位置才基本重合,在这个碰撞拼合过程中,可以发生暂时、局部的弧间、弧内、弧后拉张,在进一步的碰撞挤压过程中,再一次闭合,致使地质学和古地磁学的结论发生差异,整体的拼合是在构造叠覆、变形变质和岩浆作用的复杂过程中逐步实现的。

2. 华北构造-岩浆区

华北构造区是我国克拉通化最高的最古老的陆块,在冀东、鞍山均已获得 38 亿年左右的同位素年龄数据。大致在新太古代已出现了不同的古老块体,在阜平期结合为太古宙克拉通,基本上由高级变质区和花岗绿岩带组成。高级变质区除局部出现麻粒岩之外,主要为花岗质片麻岩和部分表壳岩,以近等轴形或卵形穹窿并叠覆韧性剪切带为特征,绿岩带代表了古岛板和古裂谷带,以紧闭复合褶皱群和韧性剪切带为特征,大致在吕梁期进一步固结为陆块。由于几经改造破坏才形成现今的东西向延伸的轮廓,并自东而西被郯庐、太行、吕梁和贺兰山等北北东到近南北向的大型断裂所分割,形成了胶辽、冀鲁、鄂尔多斯和阿拉善等块体。华北陆块的南缘和北部(燕辽部分)均为中元古代裂谷。华南北缘的“内蒙地轴”部分可能是一个复杂的地体拼贴带。

3. 秦岭构造-岩浆区

是一条复合造山带,是我国南北大陆结合带,主体构造线近东西到北西西向延伸,东段为郯庐断裂左旋平移很大的距离,直至胶南、苏北地区,走向转为北东东。秦岭构造区是经历了晋宁、加里东、华力西和印支 4 次叠加造山作用形成的复合造山带,燕山期已受到强烈的影响。晋宁期的南、北陆缘已固结成为陆块,并以中间小陆块和外来岩片的形式出现在后期的褶皱带之中。秦岭构造带和扬子陆块北缘,在新元古代地层中发育一条规模较大的蓝闪片岩带(蓝闪片岩, 850 ~ 734 Ma, 榴辉岩 870 Ma, 还有印支期的较新年龄数据);加里东造山带的主体在北秦岭,东段延至胶南、苏北,在北秦岭存在早古生代双峰式火山岩和岛弧火山岩带,以及长达数百千米的蛇绿混杂岩、花岗岩带和蓝片岩带,显示了局限洋盆的扩张、俯冲到闭合造山的演化过程,此时大别、胶南-苏北陆块,可能曾是扬子陆块的一部分;华力西造山带主要在昆仑和西秦岭,东秦岭及以东地区以陆内裂陷为主;印支、燕山期以强烈推覆、滑脱和左旋走滑为特征,完成了复合造山过程,并形成相

应的花岗质侵入岩带。

(二) 特提斯构造-岩浆域

特提斯构造域是发生在冈瓦纳大陆与劳亚大陆之间的构造域, 主要分布在秦岭活动带以南、扬子陆块以西的青藏高原地区, 分别属于华南板块的西部陆缘带、藏滇板块和印度板块北缘。其主体已不在中国东部的范围之内, 更不属于滨太平洋地区, 但特提斯构造域对华南地区西部和西南部的影响是存在的。古特提斯是古生代时期位于劳亚古陆与冈瓦纳古陆之间的楔形大洋, 形成于晚古生代初, 发展到晚二叠世、早三叠世、在现今澜沧江一带向南(西)俯冲于藏滇板块之下, 最后导致藏滇板块与扬子西缘岛弧带的碰撞, 稍后金沙江带作为华南板块的岛链带与华南板块发生碰撞, 成为华南板块边缘的增生部分, 最终为藏滇板块与华南板块所拼合。由于北特提斯洋闭合, 藏滇板块与扬子陆缘对接, 对华南陆块南西部的重要影响主要表现为龙门山—筲河一带受到侧压, 自北西南东逆冲推覆; 康滇陆块安宁河、绿汁江和小江等南北向断裂带性质发生转变, 成为大型滑脱面上由西向东推覆的铲式断裂, 往深部消失在上下地壳之间的低速层; 滇黔桂地区由于印支陆块的汇聚, 右江海槽的闭合, 形成一条北西向的褶皱带, 伴有那坡、右江、靖西-崇左、南丹-紫云等数百千米(300~400 km)左旋走滑的断裂带; 在钦州—福清一带形成一系列近东西到北东东向的剪切带, 具有平直、密集和右行侧列分布的特点, 并有一组北北西向规模较小与之配套的剪切带, 其中近东西向剪切带是华南南部重要的容矿构造。

(三) 古华夏构造-岩浆域

分布在东部大陆的东南, 包括华南板块的大部分, 由扬子陆块和南华活动带两个构造单元所组成。是以扬子、华夏两个古陆块和两者碰撞形成的四堡期弧形造山带为基础发展而成的, 遭受过多期拉张裂陷和来自东南方向的压缩作用, 经过加里东、华力西和印支多期构造运动, 形成围绕上扬子陆块的北东向复合造山带, 与相邻的川滇青藏地区向北东方向突出的弧形造山带呈互补对应关系, 在相互作用的边界两侧, 双方的构造运动互有影响。该构造域自西北向东南大体由3个基本部分所组成, 即上扬子-康滇带是相对稳定的核心, 中部为下扬子-江南带, 下扬子区受秦岭构造带的影响较明显, 江南区为一条反“S”型碰撞山链, 并发展四堡期、晋宁期碰撞型花岗岩带, 为一条古老的岩浆弧; 东南部为华夏褶皱带。

江南带和华夏带之间的边界是一条重要的绍兴-萍乡-北海结合带, 其北段分为东西两条分支, 西支起自长兴, 在皖南、赣东北有蛇绿混杂岩带分布, 东支起自绍兴, 两支在东乡附近会合, 中间夹有浙西中间陆块, 此带对其后的沉积作用、岩浆活动和成矿过程都有重要制约作用, 其深部东、西两侧莫霍面深度西高、东低, 相差5~6 km, 湘中南褶皱带之下的上地幔软流圈顶面深陷达200~300 km。南华加里东裂谷可能就是在绍兴-萍乡-北海古结合带基础上发展起来的, 后经加里东运动再次拼接所形成的。加里东褶皱发育在两个不同基底上, 西北湘桂部分形成在扬子基底斜坡上, 东南部分发育在华夏古陆的基础上, 后者先向北, 后向西逆冲、叠覆和拼接, 形成了一系列褶皱和花岗岩带。在拼接陆板内构造运动的性质, 至今尚未找到当时的陆缘带的证据, 但从武夷—云开到沿海, 印支期的岩浆活动和变质作用逐渐增强, 说明该区较接近大陆边缘。浙赣桂褶皱带, 正好分布于绍兴—萍乡—北海古结合带及其西北侧; 雪峰-武陵带具有前陆逆冲褶皱带的特征; 川中

拗陷为其前陆盆地。构造域的东南部分是华夏古陆裂解下沉部分，并较接近东南侧的古大洋，所以其构造、沉积、岩浆和变质作用，都既有陆内活动的特点，又有向东南规律变化的趋势。

(四) 滨太平洋构造-岩浆域

印支运动后，中国大陆与西伯利亚板块基本拼合，进而欧亚超级大陆板块与库拉-太平洋超级大洋板块之间发生相对运动和相互作用，其影响不仅明显地表现在中国大陆东部滨太平洋地区，而且可波及到东经 $102^{\circ} \sim 106^{\circ}$ 的地区，即贺兰山—龙门山—康滇一线以东，其影响造成的构造、沉积、岩浆和变质作用有“向洋分带”的趋势，呈北北东向重叠在古亚洲和古华夏构造域之上。大体可以分为 3 个大带，自西而东依次为：鄂尔多斯-四川前陆拗陷带、大陆构造-岩浆活动带、活动陆缘带。

1. 鄂尔多斯-四川前陆拗陷带

是在印支期盆地的基础上继承发展而形成的，并在晚白垩世和喜马拉雅期整体上升。其西侧为狭长深陷地带，东侧为开阔斜坡。四川盆地既是滨太平洋陆内造山带以西的前陆拗陷盆地，也是特提斯造山带以东的前陆盆地。

2. 大陆构造-岩浆活动带

从大兴安岭—太行山—武陵山一线向东到沿海地带，在燕山期发生强烈的断块差异升降、大型走滑和挤压等多种形式的强烈构造-岩浆活动，主要包括 4 个组成部分，自西而东依次为：兴安-太行-武陵隆起带、松辽-华北-江汉断陷带、长白-诸广隆起带和东南沿海岩浆带。①大兴安岭-太行山-武陵山隆起带，为北北东向褶皱和断裂组成的山链，其深部也是重力梯度带和莫霍面深度的梯级带，构成了中国东部中生代岩浆活动的西界。在武陵山、雪峰山一带发育指向四川前陆盆地的逆冲推覆构造。②松辽-华北-江汉断陷带，是发育在燕山早、中期隆起构造背景上的燕山晚期到喜马拉雅期的断陷带，在兴安-武陵山链以东和郯庐断裂以西，形成数百个大小不等的地堑、半地堑式陆相盆地。东北、华北裂陷作用始于晚侏罗世，并伴有双峰式火山喷发；华南以形成北东、北北东向小型盆地群为特征，断陷始于晚侏罗世到早白垩世，晚白垩世得到进一步扩展，伴有玄武质岩浆喷溢，之后逐渐萎缩。其形成与造山后松弛阶段、造山作用向沿海迁移，引起后缘扩张，以及印度板块活动引起伸张作用等有关。③长白-诸广构造隆起带，包括长白-胶辽和诸广-岭南两个区带，呈斜列分布，伴有主体为北北东和北东向的断裂网络，主要形成在侏罗纪到早白垩世，发育花岗质侵入岩，侵入活动与板内挤压、地壳拆离滑脱和深层的部分熔融呈同步关系。④东南沿海岩浆带，包括浙、闽、粤沿海、大陈—济州地区广泛发育的火山岩和花岗岩，可向东北延到朝鲜半岛南部，主要形成在晚侏罗世到白垩纪，与库拉-太平洋板块朝北北西斜向俯冲的作用和影响有关，在诱发该区岩浆活动的同时，使华北陆块的郯庐断裂也进入左行走滑的活跃期。

3. 活动陆缘带

主要包括两个区带：完达山碰撞造山带，是从锡霍特褶皱带推覆而来的外来板片，台湾则是弧陆碰撞造山。台湾弧陆碰撞带的东部海岸山脉与吕宋岛弧同属一个火山弧，而西部中央山脉则与钓鱼岛隆起相连。喜马拉雅晚期（上新世以来），菲律宾海板块向冲绳海沟俯冲，使冲绳海槽扩张，东海陆架盆地收缩，台东发生弧陆碰撞，形成碰撞造山带，向西则依次出现前陆褶皱逆冲带和前陆盆地。