

郭令智 等著

华南板块构造

地质出版社

本书的出版得到华夏英才基金支持

华南板块构造

郭令智 等著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书收集了郭令智院士自 20 世纪 80 年代以来,有关华南板块构造代表论文 22 篇。其主要内容是人们从海洋研究而诞生出中、新生代板块构造理论,他创造性地把它应用到华南前中生代的活动大陆边缘的古板块构造研究中,提出了代表古老活动大陆边缘沟、弧、盆构造系的鉴定标志。由此认为,华南板块构造演化在总体上看,有从现今的西北向东南方向,由元古宙到新生代的演化趋势。此外,还特别专文论证了华南的江南地区元古宙沟、弧、盆构造系的岩石标志及其演化,把诞生于中、新生代的板块构造向前推进到元古宙。对于在造山带中经常发现有更老的“地质体”,与毗邻的地质演化截然不同,这一现象在本书的多篇文章中论证了地体构造,进一步发展和丰富了板块构造的科学内容。在研究板块构造与造山带时,还讨论了板块构造与岩浆作用及金属矿床形成与分布规律。此外,本书还研究了西太平洋中、新生代以来沟、弧、盆系的构造特征、类型、性质及其演化模式——初始拉张形成盆地到弧-陆碰撞使弧后盆地最终闭合及其相应地产生弧后前陆盆地的形成机理,同时还讨论了弧后盆地与油气形成的关系。

图书在版编目(CIP)数据

华南板块构造/郭令智等著.-北京:地质出版社,2001.8

ISBN 7-116-03443-9

I. 华… II. 郭… III. 大地板块构造-研究-华南地区-文集 IV. P548.26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 043584 号

责任编辑:白 铁 赵俊磊 王大军 蔡明海 戚学祥

英文审校:张新元

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 29 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:北京印刷学院实习工厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:17.25 彩页:1 页

字 数:420000

印 数:800

版 次:2001 年 8 月北京第一版·第一次印刷

定 价:60.00 元

ISBN 7-116-03443-9/P·2201

(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)

献给南京大学校庆

一百周年

郭令智

二〇〇一年元月

序

郭令智院士是我国著名的地质学家和地质教育家。他早在 20 世纪 30 年代末期至 40 年代中期,曾在当时的西南大后方和新回归祖国的台湾省从事教学和科研,并最早到南海地区进行地质调查。他早期工作的性质是丰富的和多样的,因而他的地学基础是宽广的。郭先生于 1951 年回南京大学地质系任教,此后整整半个世纪,他同南大诸君子艰苦卓绝,共同努力,终于把南大地球科学系建设成为国内最佳的地质科教中心之一。

郭先生从 20 世纪 50 年代起研究大地构造,最早提出扬子地台南缘的江南地带属地背斜性质,这说明他对 20 世纪中期的传统构造学说有坚实的基础和精深的理解。在 60~70 年代,他是最早较系统地向国内介绍板块学说并用于国内地质研究的学者之一。他对扬子地台南缘中、新元古代构造演化作出的板块构造解释在国内是最早的,把板块构造学说用于前寒武纪的构造研究,在国际上也是较早的。我个人认为把板块构造学说与传统的构造学说的精华部分结合起来研究大地构造,特别是研究大陆地质构造,是一种正确的继承方式和有效的研究途径。郭先生在这方面的工作可为著名的范例。随着板块学说的发展,郭先生又及时地把地体概念引入国内,并予以推广使用,使国内构造学术界保持了活跃的学术气氛,他的功绩是不可没的。

在学术研究上,郭先生不仅具有对先进学术思想的敏感,也具有联系和容纳不同学科的宽广胸怀。他很注意促进大幅度的学科交叉。我想他在 80 年代初期就培养了地质与地球物理相结合的博士研究生,这在当时是难能可贵的。他在长期的科研和教学实践中,既重视基础理论,亲自执教地质基础课,又鼓励创新精神,关怀青年的成长,更是众所周知的。

郭先生长我一岁,任教也早我一年。他给我的印象是诚恳宽容,亲切周详,真正是谦谦君子,从教论学,待人接物,都有长者风范,是我尊重的学长。大约在 10 年前,郭先生的学生们编印文集,祝贺他执教 50 周年。我有幸奉书一联为贺。上、下联的后半句是:“功推板块,学称地体”;“泽被华夏,誉满海疆”。10 余年来,郭先生对大地构造学说又迭有新见。半个世纪以来,郭先生与南大诸君子特别

致力于华南地区的研究,不断地深入和扩展,其影响久已扩及全国乃至国际。我想“海疆”应可理解为海外和大西北的“新疆”。请允许我仍以此句,予以广释,敬祝郭先生学术青春永在,为新世纪的基础地质研究继续作出重要的贡献。

王 鸿 祚

2000 年 12 月于北京

郭令智院士科学历程

卢 华 复

郭令智,南京大学教授、中国科学院院士。1915年出生于湖北安陆,1938年在重庆毕业于国立中央大学地质系。之后在云南大学矿冶系任助教,相继在中国地理研究所任助研和助理研究员至1946年。1946~1949年任台湾大学副教授,台湾省海洋研究所副研究员。1949年赴英国伦敦大学皇家学院留学深造。1951年由英国到香港等待在台湾工作的妻子侯学焘女士(后任中科院南京地理研究所研究员)及长子郭德维一道回到南京大学地质系(现名地球科学系)任教授至今。

20世纪30年代末期,郭令智院士参加西康科学考察团,考察了青藏高原东部地质;40年代初期对云南省地质矿产资源和大巴山地质地貌进行调查,合著有《云南矿产志》等10篇著作。1947年他是中国首批赴南沙群岛考察的科学家之一,研究了南沙群岛珊瑚礁的成因,论文发表于台湾大学学报。1956年他与南京大学同事一起进行了南京长江大桥选址的工程地质调查,并向铁道部提交了报告。自50年代后期着重于华南大地构造的科学研究工作,发表了一批高质量的科学论文,对华南地壳结构和构造演化提出了一系列有科学价值的见解。他在1963年发表的《华南加里东地槽褶皱区大地构造的几个问题的探讨》一文中,提出了“江南地背斜”实际上为古岛弧构造的观点,是5年以后才出现的板块构造理论的超前的科学思想萌芽。这已被后来工作所证实,并被广大地质工作者接受,也为他70年代的科学思维转变奠定了基础。他与合作者在1965年发表的《华南加里东地槽褶皱区构造发展的基本特征》和《论地质构造的形成和发展的两种型式——继承与上叠》是当时我国大地构造研究最高水平的科学成果之一。

郭令智院士和他的合作者是我国较早系统介绍板块构造理论和倡导用该理论研究中国大地构造的学者之一,并与他人合作发表了大量板块构造科学研究成果的文章。他在我国的板块构造理论研究中留下了一代宗师不可磨灭的印记。为传播板块构造理论,他于1973年暑期到浙、赣、皖、湘、桂等省(区)野外调查,并为地质单位进行了板块构造理论授课,他与施央申、马瑞士合作先后撰写了《关于板块构造学说的一些基本问题》(1974)、《板块构造与成矿作用》(1981)、《近代大地构造理论研究进展的评述》(1982)、《西太平洋中、新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成与演化》(1983)等一系列文章,为引进板块构造理论作出了贡献。

20世纪70年代晚期到80年代初期,国际上对板块构造理论的研究主要为大洋以及中生代以来的演化,如何对古老广阔的大陆内部造山带进行研究是当时国际上板块构造理论研究的前缘。经数年深入研究,郭令智、施央申、马瑞士先后发表了《现代海沟岛弧系和海沟弧形山脉系的形成和演化》、《论古海沟岛弧系的研究方法及其地质意义》(1977)等论文,提出了大陆内部研究古板块构造运动和鉴定古沟弧系的8项重要地质标志:①蛇绿岩套;②钙碱性火山活动;③岛弧型复理石;④进化变质带和对变质带;⑤不同时代混合岩和花岗岩类;

⑥矿产空间分布规律;⑦混杂岩;⑧超壳深大断裂带。这些标志对板块构造研究引向中国大陆内部作出了重要贡献。

1980年,他在《华南大地构造格架与地壳演化》一文中建立了华南地区第一代自元古宙以来的板块构造格架,特别是列出证据,论述华南中、新元古代就存在板块运动机制和物质表现,开始出现了大洋板块朝扬子大陆边缘的俯冲,形成了江南元古宙活动大陆边缘沟、弧、盆复合构造体系。这是我国最先详尽论述大陆内部元古宙岩石圈板块运动特征的一篇研究论文,并为中外学者大量引用。1986年,他将板块理论与生产实践相结合,发表了《论西太平洋弧后盆地基本特征和形成机理及其大地构造意义》等论文,提出了寻找金属矿和油气资源的有利远景地带。

20世纪70年代末到80年代初,地质学家认识到,经典的板块俯冲-碰撞造山机制难以很好地解释古老克拉通边缘和复杂造山带的许多地质构造问题,因而产生了板块理论的最新进展——地体构造理论。郭令智及其研究集体于1983年抓住这一国际上地球科学新动态,在中国最早引进地体理论并倡导应用于中国的地质实践,带领师生在华南、西南、西北、东北、华北南缘等地开展地体研究,发表了一系列研究成果。他与施央申、卢华复、马瑞士等人在1984年发表的两篇文章《论地体构造——板块构造理论的最新问题》和《中国东南部地体构造的研究》,系统阐明了地体构造理论和研究方法,并运用板块构造和地体分析相结合的方法,研究探索华南大地构造问题,进一步发展了板内构造理论。其重要的研究成果和观点,至今仍为很多学者所引用。郭令智还领导科研集体,带领中青年教师和研究生开展了推覆构造、板片构造、碰撞造山带和伸展构造的研究,并把推覆构造和伸展构造的理论运用到中下扬子地区和四川盆地的找油找气地质实践中,为国家提供了一批有价值的研究报告,发表了《The pre-Devonian tectonics patterns and evolution of South China》(1989)、《A Study on the thrust-nappe structure of the foreland basin in lower Yangzi area, Eastern China》(1993)等一系列科学论文。

在90年代初,郭令智等研究了喜马拉雅地区板块碰撞的两种远距离效应,他和卢华复等合作撰写的《印、藏碰撞的两种远距离构造效应》(1992)一文,探讨了滑线场理论,认为在亚洲大陆内部所发生的走滑构造带主要形成挤压-剪切型盆地,即三江地区的镇安式盆地,而在挤压构造带则形成天山式的挤压型盆地。由碰撞引发的远距离构造变形效应,可以波及到大陆内部500 km和1500多km的地带。近来,他与合作者对江南元古宙岛弧构造和西太平洋边缘海成因等大陆动力学和洋壳动力学问题进行再研究,发表有《江南中、新元古代岛弧的运动学和动力学》(1996)和《再论西太平洋活动大陆边缘中、新生代弧后盆地的成因分类和演化》(1998)。他还对板块构造的新进展、活动大陆边缘的研究新成果、碰撞造山带研究的新动向进行了研究,撰写了评述文章《近代大地构造理论研究进展的评述》(1982)、《论活动大陆边缘地质学研究的若干问题》、《现代大地构造学研究展望》、《Research on the terrane tectonic in China》。1993年,他发表了题为《从固定论到活动论——大地构造理论思维轨迹》的文章,回顾了他及其研究集体40年的科研历程,对40年来的研究思路及成果做了总结,特别对从固定论理论思维转变到活动论大地构造理论思维的时代背景与转变过程做了阐述,令人很受启发。

迄今为止,郭令智已与合作者发表了专著、研究论文150篇(部)。他锐意进取,著书立说,培养和形成了一个具有自己特色板块构造理论研究集体。他所领导的构造地质专业被评

为国家重点学科、博士点和博士后流动站。鉴于郭令智的学术水平、科技成就与贡献,国家和政府给予他一系列的奖励。他主持的“华南大地构造”科研项目,1978年获全国科学大会奖,同年他个人获江苏省科技先进工作者称号。“西太平洋中、新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成及演化”科研项目,1984年获江苏省重大科技成果一等奖。“中国东南及其邻区活动大陆边缘板块构造及成矿关系”项目,1985年获国家教委科技进步二等奖。“中国东南大陆边缘板块构造”项目,1987年获国家自然科学三等奖。1999年获李四光荣誉奖和何良何利科学研究奖。此外,他作为第二作者,其“华南花岗岩地质、地球化学及成矿规律”科研项目于1982年获国家自然科学二等奖;“中国地体构造”科研项目于1992年获国家教委科学技术进步二等奖。1990年他荣获国家教委和国家科委全国高等学校先进科技工作者称号。

郭令智教授在50多年的教学活动中,总站在工作第一线,为培养高层次人才而尽心竭力。多年来,他亲自为本科生与研究生开设并执教《普通地质学》、《工程地质学》、《燃料地质学》、《构造地貌学》、《中国区域地质学》、《板块构造》等课程,并与同行专家合著了《普通地质学》、《中国地质学》、《中国大地构造问题》、《板块构造基本问题》等著作;强调基础课程的重要性,他非常重视《普通地质学》和《区域地质调查》这两门课的野外实习教学工作,认为扎实的野外工作能力是一个地质工作者最基本的素质。他要求学生要理论联系实际,自觉培养吃苦耐劳的精神。他要求研究生们在大地构造调查研究中要系统深入了解和洞悉国际和国内的科学进程、先进理论、研究前缘和热点,要牢固掌握时间、空间、物质三者的相互关系,强调地球物质成分是研究大地构造的一项最基本的因素。他治学严谨,学风高尚,循循善诱,为人师表。他艰苦朴素,潜心学问。他为国家培养的研究生中有18名博士,20余名硕士和2名博士后。他和施央申合作在我国培养了第一位地质学博士生杨树锋。1988年国务院表彰的有突出成绩的研究生中,有4名是他的学生。他的学生中许多人现已成长为各条战线、各个岗位上的学术带头人与骨干力量,有的已成为著名的学者和领导干部。

郭令智先生在教学科研上的业绩与成果,为他在学术界带来了很高的声誉和地位,但他始终谦虚谨慎,不居功自傲。他对人都以诚相待,严守信誉。和他在一起工作及了解他的人,无不赞誉他集才华与谦逊为一身的风采,尊他为良师益友。郭令智教授是我们学习的优秀楷模。

目 录

序

郭令智院士科学历程

华南大地构造格架和地壳演化	(1)
板块构造与成矿作用	(8)
近代大地构造理论研究进展的评述	(24)
论地体构造——板块构造理论研究的最新问题	(38)
中国东南部花岗岩类的时空分布与大地构造格架形成和演化的关系	(46)
论活动大陆边缘地质学研究的若干新问题	(56)
PLATE MOVEMENT AND CRUSTAL EVOLUTION OF THE JIANGNAN	
PROTEROZOIC MOBILE BELT, SOUTHEAST CHINA	(64)
论西太平洋弧后盆地区的基本特征和形成机理及其大地构造意义	(77)
古海沟岛弧系的鉴定标志及研究方法	(87)
ON THE FORMATION AND TECTONIC EVOLUTION OF THE	
MESOZOIC-CENOZOIC ACTIVE CONTINENTAL MARGIN AND ISLAND	
ARC OF THE WESTERN PACIFIC OCEAN	(101)
论大陆断块造山区域变质作用	(114)
THE PRE-DEVONIAN TECTONIC PATTERNS AND EVOLUTION OF	
SOUTH CHINA	(122)
武夷—云开震旦纪—早古生代沟、弧、盆褶皱系	(134)
现代大地构造学研究展望	(141)
印、藏碰撞的两种远距离构造效应	(148)
A STUDY ON THE THRUST-NAPPE STRUCTURE OF THE FORELAND	
BASIN IN THE LOWER YANGZI AREA, EASTERN CHINA	(156)
江南中、新元古代岛弧的运动学和动力学	(167)
RESEARCH ON THE TERRANE TECTONICS IN CHINA	(180)
再论西太平洋活动大陆边缘中—新生代弧后盆地的成因分类和演化模式	(192)
从固定论到活动论——大地构造理论思维轨迹	(216)
中国地体构造研究进展综述	(230)
莺歌海盆地周边区域构造演化	(253)

华南大地构造格架和地壳演化^①

华南大地构造单元从西北向东南、由元古宙到新生代划分为下列 5 个构造带^②：①江南东安—雪峰期(元古宙)岛弧褶皱系；②武夷—云开加里东期岛弧褶皱系；③东南沿海(包括台湾岛和海南岛部分地区)海西印支期岛弧褶皱系；④浙闽粤沿海燕山期火山山弧系；⑤台湾喜马拉雅期岛弧褶皱系(见图 1)。

(1)东安—雪峰期江南岛弧褶皱系始于浙东会稽山和龙门山，向西经皖浙赣三省交界山区，过鄱阳湖、赣西北幕阜山和九岭山、洞庭湖，再转向西南进入湘西武陵山和雪峰山区，一直到桂北九万大山，断断续续地分布了元古宙东安期和雪峰期的蛇绿岩套。

西段九万大山元古宙四堡群中、下部发育了蛇绿岩建造，上部为岛弧型海沟复理石建造。林洞和宝坛的蛇绿岩套的层序自下而上为：辉橄岩、纯橄岩(蛇纹岩)、橄榄岩、橄辉岩、辉石岩、辉长岩、辉长辉绿岩和具有枕状构造的细碧岩、角斑岩、火山碎屑岩等，及其共生的碧玉岩和深海沉积物。辉石岩中伴随有铜镍矿化。上述镁铁和超镁铁岩呈层状、似层状和透镜状产出，严格受地层层位控制，与围岩呈断层接触。产状为近东西走向的弧形构造，极向指南。层位和四堡群相当的蛇绿岩套，在中段九岭山南坡宜丰、万载一带的下双桥山群中亦有产出。东段浙江会稽山北麓绍兴诸暨地区的双溪坞群中，表现为有黄铁矿型铜矿的细碧角斑岩建造，其间还有大小不等的若干个含钛磁铁矿的辉石岩、角闪石岩等岩体。上述镁铁岩—超镁铁岩组成的蛇绿岩套代表华南最古老的大洋岩石圈。

我们认为，分布在江南古岛弧南缘的东安期蛇绿岩套及其共生的深海沉积物，应当是洋壳向北扩散推移到这里形成古俯冲带而留下的烙印。它们具体分布在绍兴—江山—信江、宜春—乐平和九万大山南缘的深大断裂带上，呈边幕状排列。

在浙东会稽山北麓蛇绿岩套分布的北侧，双溪坞群中发育了一套巨厚的岛弧型钙碱性英安质凝灰岩建造。因此，同时代的蛇绿岩套和岛弧火山岩并列，说明在东安期大洋岩石圈俯冲的同时，就伴随有岛弧火山岩活动。

东安运动(四堡运动)是华南最早的一次造山运动，伴随有花岗岩类活动。在九万大山融水县，侵入四堡群并被板溪群不整合覆盖的本洞花岗闪长岩体的同位素年龄测定为 14.22 亿年，表明东安期蛇绿岩套形成在 14 亿年以前。地壳运动不均衡性，产生了四堡群与板溪群剖面的接触关系，在空间上有上叠(不整合)与继承(整合)两种形式，形成“岛链”状隆起。从东到西依次出现了浙东会稽山和龙门山、赣西北幕阜山和九岭山、湘西武陵山和雪峰山及桂北九万大山岛屿区，这就是江南岛弧，即华南最早形成的陆壳“雏形”，它与现今西太平洋的冲绳、琉球群岛特征相似。

东安期当古大洋从南向北沿俯冲带潜没到大陆岩石圈之下时，按理应当出现与俯冲方向一致的同组断裂构造特征。但在桂北九万大山却出现了相反的情况。这里的蛇绿岩套与

① 本文作者：郭令智、施央申、马瑞士，选自国际交流地质学术论文集，地质出版社，1980。

② 郭令智，1975，华南区域构造的几个新问题。

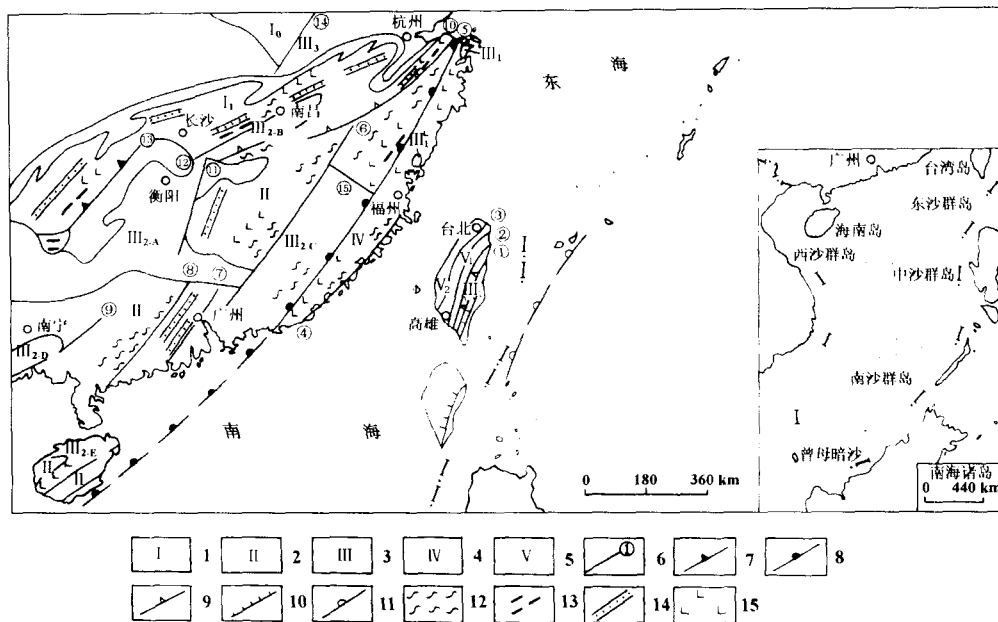


图1 华南大地构造格架示意图

1—I—东安期—雪峰期(元古宙), I₀—大别元古宙岛弧褶皱系, I₁—江南东安—雪峰期岛弧褶皱系;
 2—II—武夷—云开加里东期岛弧褶皱系; 3—III—海西印支期, III₁—东南沿海(包括台湾岛和海南岛部分地区)海西印支期岛弧褶皱系, III_{2-A}—湘桂(包括右江)海西印支期弧间盆地, III_{2-B}—萍乐海西印支期前陆拗陷, III_{2-C}—闽西南—粤东海西印支期弧间盆地, III_{2-D}—钦州湾海西印支期地槽, III_{2-E}—海南岛海西印支期地槽, III₃—扬子钱塘前陆拗陷; 4—IV—浙闽粤沿海燕山期火山山弧系; 5—V—喜马拉雅期, V₁—台湾喜马拉雅期岛弧褶皱系, V₂—台湾喜马拉雅期前陆拗陷; 6—深大断裂带和大断裂带及编号名称: ①—花莲—台东深大断裂带; ②—苏澳—枋寮深大断裂带; ③—基隆—车埕深大断裂带; ④—长乐—南澳深大断裂带; ⑤—上虞—政和—大埔—海丰深大断裂带; ⑥—邵武—河源深大断裂带; ⑦—连平—广州—恩平深大断裂带; ⑧—四会—吴川深大断裂带; ⑨—广西灵山深大断裂带; ⑩—绍兴—江山—信江深大断裂带; ⑪—宜春—乐平深大断裂带; ⑫—宜丰—万载—景德镇深大断裂带; ⑬—雪峰山—九万大山深大断裂带; ⑭—郑城—庐江深大断裂带; ⑮—将乐—沙县大断裂带; 7—雪峰期俯冲带; 8—加里东期俯冲带; 9—海西印支期俯冲带; 10—燕山期俯冲带; 11—喜马拉雅期俯冲带; 12—变质带; 13—蛇绿岩套; 14—复理石带; 15—火山岩

深海沉积物表现了轴面向南倾斜的同斜倒转褶皱,并伴随了一系列同倾斜的逆冲断层,构成了叠瓦状构造,为板溪群不整合覆盖。这一构造“异常”现象出现的原因是:在江南东安期岛弧形成以后,沿着东西走向断裂面向南倾斜,到柳江隐伏深大断裂带发生向北逆冲,结果使蛇绿岩套位置上升抬高和倒转南倾,造成了“无根”的构造侵位。

雪峰期俯冲带呈东北—西南走向,分布在江南古岛弧的东南缘,由于东南侧的大洋板块向北西俯冲,产生了海沟—岛弧—边缘海复合构造图像。在岛弧西北侧的中、下扬子地区,为地幔升流的弧后扩张区,堆积了层位相当于板溪群和铺岭组的海相沉积物和具有枕状构造的基性熔岩。但在岛链及其西北侧弧后地带,则堆积了巨厚的板溪群复理石沉积,构成了逶迤千余公里的复理石带。并在靠近海沟一侧的桂北龙胜、三门向东北延伸到雪峰山东南缘,出现了由辉橄岩、橄榄岩、橄辉岩、辉石岩、辉长岩、辉绿岩和枕状构造的细碧岩、角斑岩构成的蛇绿岩

套及其共生的深海相浊积岩,是雪峰期古俯冲带的证据。位于古岛弧上赣北的德安—庐山地区,上双桥山群(板溪群)的复理石沉积中夹有变玄武岩、变流纹岩和变凝灰岩等火山岩。

在雪峰期古岛弧东北端的浙江龙门山南麓,相当板溪群的骆家门组浊积岩岩石化学成分 $w(\text{SiO}_2)$ 平均值为 58.12%, $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$ 比值为 0.605,表明这里的复理石沉积物大多是钙碱性火山岩组成的浊积岩。其蚀源区应该是与它平行毗邻的双溪坞群钙碱性英安质火山岩构成的龙门山岛链(火山弧)。

江南古岛弧的局部地区发生了落可嵎运动,使板溪群的沉积拗陷带褶皱隆起,特别在皖南、赣西北地区表现强烈,扩大了江南古岛弧范围。伴随这次运动还有强烈的火山活动。皖南的井潭组、浙西北和赣东北的上墅组由杏仁状安玄武岩、安山岩、安山玢岩、英安岩、流纹岩、熔凝灰岩等火山岩组成。赣西北的落可嵎组和湖南的江口组则是一套火山-陆屑建造。它们是在上升的构造背景产生的岛弧火山岩,平行地叠置在东安运动和落可嵎运动形成的岛链带上。

雪峰运动席卷了雪峰期海沟-岛弧-边缘海组合体系内所有沉积物,强烈的褶皱作用伴随有绿片岩相的区域变质作用,隆起成巨大的复背斜构造带,完成了雄伟的江南古岛弧褶皱系的构造格架。在褶皱造山作用之后,接着而来的是块断造山作用。沿着雪峰期俯冲带,产生了高温变质作用,混合岩化作用和花岗岩类的形成。有地质证据的九岭山、休宁和许村岩体的同位素年龄数据表明雪峰期花岗岩类活动大体在 8 亿年以前,反映江南古岛弧的花岗岩陆壳随着时间的推移进一步增长。由于深大断裂带的长期和继承活动,导致多旋回复式花岗岩类杂岩体的形成。例如宜丰-万载深大断裂带控制的九岭山巨大岩基,不仅有雪峰期花岗岩,而且还有加里东期、海西印支期和燕山期花岗岩类活动,使古岛弧褶皱系的花岗岩陆壳相应地增厚。

20 世纪 60 年代初期,我们根据加里东旋回的岩层剖面类型、地壳厚度、接触关系和构造形态,在江南地背斜带上的上叠盆地与两侧的地槽拗陷有鲜明的差别这一特征,就指出当时的江南地背斜褶皱带是一隆起蚀源区,具有链状古岛弧构造的形象。这一看法与现代板块学说的岛弧构造基本一致。

(2)武夷—云开加里东期岛弧褶皱系位于东安—雪峰期江南古岛弧褶皱系东南,上虞-政和-大埔-海丰深大断裂带的西北区域。我们研究了闽北浙南地区的建瓯群和陈蔡群变质岩的原岩恢复与邻区岩层建造剖面类型对比,并根据现有的变质岩同位素年龄数据一般未逾 5 亿年,认为建瓯群和陈蔡群构成的“华夏古陆”是震旦纪—早古生代优地槽沉积物构成的加里东褶皱带。

1964 年,我们在闽北建瓯群中发现了厚达 800 m 的变质火山岩。福建地质局又在建瓯的东岩、大康、吕源和南平的北山的建瓯群东岩组中,亦陆续发现了海底火山喷发岩系,主要是沿着政和-大埔深大断裂带延伸长达 60 km。东岩组岩层剖面是钠长(绿泥)阳起片岩、钠长(角闪)绿泥片岩、(黑云)绿泥阳起片岩、钠长绿帘片岩、透辉石(阳起)绿帘片岩、绿泥片岩和大理岩夹层,厚度达 775 m。上述变质火山岩是一套细碧角斑岩建造。此外,在政和-大埔深大断裂带的政和和建阳北坑等多处发现了镁铁—超镁铁岩体,是由蛇纹石化和闪石化的辉橄岩、橄榄岩、辉石岩、辉长岩等组成。产状与围岩片理方向一致。钻孔资料表明这些镁铁—超镁铁岩体像楔子一样“无根”,是构造侵位的标志。我们认为它是加里东期蛇绿岩套,并与复理石建造共生,是加里东期俯冲带的证据。

在上虞-政和-大埔-海丰深大断裂带西北侧和江南古岛弧褶皱系东南之间的赣、湘、粤、

桂加里东地槽内,寒武纪沉积以复理石和硬砂岩建造占优势。但在整个江南古岛弧褶皱带的上叠盆地和西北侧地槽,寒武纪沉积都有碳酸盐建造的存在。由此可见,赣、湘、粤、桂地槽沉积的蚀源区,即碎屑主要来自武夷—云开古岛弧比较合理。

寒武纪末,云开大山地区的郁南运动使震旦纪—寒武纪地槽沉积发生了褶皱隆起,为下奥陶统不整合覆盖,并在下奥陶统底部砾岩中发现有变质岩、混合岩和花岗岩的砾石,说明云开古岛弧褶皱隆起过程中伴随有区域变质作用、混合岩化作用和花岗岩类的形成。郁南运动在武夷山区虽未发现,但从奥陶系地层主要分布于赣江以西,武功山以南地区,而构成武功山、武夷山主体混合岩和花岗岩的同位素年龄值均属加里东早期(4亿多年),仍表明郁南运动对武夷古岛弧褶皱隆起和花岗岩陆壳的产生起了重要作用。

中奥陶世末的崇余运动,使武夷—云开古岛弧褶皱系进一步扩大和增长,并和江南古岛弧褶皱系大部分“焊接”起来,志留纪地槽沉积仅分布在狭窄的拗陷带。武夷—云开古岛弧褶皱造山作用产生了以绿片岩相占优势的变质作用。但在上虞-政和-大埔-海丰、邵武-河源、四会-吴川、武功山南缘泸水等深大断裂带继续活动影响下,即热能、化学能不断作用下,出现了红柱石-夕线石型高温低压相系变质带,少数地方还见到了中压型标型矿物——蓝晶石。 Al_2SiO_5 三相点的蓝晶石、夕线石和红柱石同时出现在一个区域的岩石系列中,当深大断裂带的挤压剪切应力作用时,首先出现中压型蓝晶石带。嗣后岩石圈深处热能沿着深大断裂带上升,产生了低压高温红柱石-夕线石型变质带。上述深大断裂带还广泛地发生混合岩化作用,它所需要的热能和化学能是沿深大断裂带从地幔上升流带上来的。当热能和化学能不断地积累,最后使混合岩产生所谓“深熔作用”,形成了再生花岗岩浆,在挤压剪切应力松弛作用下,再沿着断裂带侵入到混合岩和变质岩之中。这一过程正好说明了华南的花岗岩类侵位在时间上发生在与褶皱造山作用相联系的区域变质作用之后,在空间上是出现在受深大断裂带控制的进变质作用带之上,造成进变质带、混合岩带和花岗岩类侵位的三位一体与深大断裂带有成因关系。武夷山、云开大山、武功山早期加里东岩基中还有加里东晚期、海西印支期和燕山期花岗岩类的侵位,形成了巨大的复式花岗岩体,又一次表明花岗岩陆壳形成是一长期、多次作用才完成的累积过程。

志留纪末的加里东运动使局限在狭窄地带的晚奥陶世和志留纪沉积物发生褶皱隆起,除钦州湾和海南岛部分地区,因加里东褶皱运动不明显使地槽继承发展到海西旋回外,武夷—云开加里东期古岛弧构造格架已基本形成。

在武夷—云开加里东期岛弧褶皱挤压同时,它与江南古岛弧之间的西南端,发生了微型扩散作用,形成了湘、桂弧间盆地;弧后扩张向北东方向逐渐减弱,到江南古岛弧中段的萍乐拗陷转化为前陆盆地。到了东北端的闽浙地区,上述两个岛弧则焊接在一起。

湘、桂弧间盆地在泥盆纪时,在拉张应力作用下,大陆地壳开始分裂,地盘下沉,海水侵入,从泥盆纪到三叠纪堆积了厚达数千米以碳酸盐为主的沉积,并伴随有海底火山喷溢,广西区测队近年在泥盆纪到三叠纪地层中都发现了火山岩层位,主要有枕状细碧岩、角斑岩、杏仁状玄武岩、橄榄玄武岩、熔角砾岩和中酸性火山岩等。还有与火山岩同源的侵入辉绿岩。特别在三叠纪地层中还有超镁铁岩侵位,上述特征说明湘、桂弧间盆地形成和发展时,地壳曾扩散分裂,地幔及其分熔物质上涌喷发到海水中或侵位到上层,引起陆壳局部向洋壳转化。但到了东北边的萍乐前陆拗陷,尽管它与湘、桂弧间盆地海水相通,但沉积厚度显然变薄,尚未发现海底喷发的细碧角斑岩建造和超镁铁岩侵位,地层剖面是碳酸盐陆屑建造。因

此,我们认为,在古地理环境上湘、桂弧间盆地与萍乐前陆拗陷虽然相连,但构造背景完全不同。这与现代日本岛弧后面分布的日本海及东北相连的鞑靼海峡构造特征相似。

(3)东南沿海(包括台湾岛和海南岛部分地区)海西印支期岛弧褶皱系位于上虞-政和-大埔-海丰深大断裂带的东南区域。近年,浙江区测队在福鼎南溪村大片中生代火山岩覆盖的变质岩基底中找到了中石炭世黄龙组筴科化石。因此,由千枚岩、板岩、变质粉砂岩、变质细砂岩夹有硅质灰岩透镜体组成的变质岩系实际上是晚古生代冒地槽复理石沉积。此外,台湾山脉东部变质岩系大南澳群亦是一套巨厚的晚古生代火山沉积岩系,并且这一海西印支旋回优地槽向南和向北分别延伸到菲律宾和冲绳、琉球群岛。东界的台东-花莲深大断裂带是太平洋板块向北西方向倾斜的古俯冲带,上盘有镁铁岩的侵位。

(4)浙、闽、粤沿海燕山期火山山弧系空间位置是介于沿海的长乐-南澳深大断裂带和上虞-政和-大埔-海丰深大断裂带之间,成北东-南西走向延伸。燕山旋回大规模陆相火山喷发主要是堆积在海西印支期岛弧褶皱隆起背景上产生的断陷盆地内。从沿海向大陆火山作用的强度衰减;出现了由酸性、中酸性和中偏碱性的分带现象;岩石化学的碱度、钾钠比值以及全铁量有增高的趋势。太平洋西岸中生代陆相酸性火山岩带和太平洋东岸中、新生代安山岩带截然不同。安山岩带是大洋板块俯冲作用的分熔产物。西太平洋中生代陆相火山岩带产生的构造条件,我们认为原来具有陆壳特征的海西印支期岛弧褶皱系沿着滨海的燕山期俯冲带潜没到陆壳之下,重熔喷溢,产生了以酸性火山碎屑岩为特征的浙、闽、粤沿海火山山弧。浙、闽沿海中生代火山岩的 $w(^{87}\text{Sr})/w(^{86}\text{Sr})$ 比值为 0.7082 和 0.7089 ± 0.0021 ,证明它来自陆壳。标志华南陆壳形成和演化到比较成熟阶段。

浙、闽、粤沿海火山山弧有大规模的花岗岩类活动。花岗岩体与喷出流纹岩成逐渐过渡关系。

长乐-南澳深大断裂带附近的长乐、莆田、汕头等地有镁铁-超镁铁岩侵位。在沿海的南日岛、金门岛、东山岛、南澳岛等地,中生代陆相火山沉积岩系发生显著的动力变质作用,表现了红柱石-夕线石变质带、混合岩带和花岗岩类三位一体的分布规律。应该指出,上述变质带并非是地槽拗陷阶段产生的深成变质作用,而是在长乐-南澳深大断裂带强烈挤压和松弛过程中,沿着深大断裂带热能和化学能上升的作用下产生的高温变质带及花岗岩带。

(5)台湾(包括邻近岛屿)喜马拉雅期岛弧褶皱系位于现代中国板块和太平洋-库拉板块的交接地带。台湾山脉变质岩带两侧中新世沉积物均为岛弧型。表现为岛弧型安山岩、酸性火山岩、浊积岩、砂页岩等。同位素年龄表示台湾山脉东部发育了燕山晚期、喜马拉雅早期的混合岩和花岗岩。台东海岸山脉有深海复理石沉积和蛇绿岩套的分布。它们都逆冲到中新世火山沉积岩系之上。台东海岸山脉南部的蛇绿岩套是由斜辉橄榄岩、辉长岩、席状辉绿岩以及有枕状构造的拉斑玄武岩组成。台湾山脉东部的东带发育了标志板块碰撞带的高压相系蓝闪石片岩,其时代是白垩纪晚期(俯冲时代可能在中生代开始)和第三纪。台湾岛弧褶皱系的中、新生代俯冲带是逐渐向东、向太平洋一侧迁移的,与琉球海沟、菲律宾海沟连成统一的俯冲带。

中新世后期,我国台湾岛弧和大陆之间由于海底局部微型扩张作用结果,产生了一个弧间盆地,它与冲绳海槽和南中国海相连,从而形成了新第三纪海沟-岛弧-弧间盆地复合构造体系。

从上新世末到更新世时,台湾山脉西侧产生了与马尼拉海沟相接的一个向东倾斜的回翘俯冲带,同时伴随有相同倾斜的震源面。这个回翘俯冲带东北端,在我国的钓鱼岛和琉球

群岛之间产生了一个右旋转换断层。南端的邦多克半岛与阿蒂莫南之间产生左旋转换断层,结果使台湾岛弧与大陆山脉碰撞,从而使中新世后期形成的弧间盆地又闭合消失,仅仅留下来作为前陆盆地的台湾海峡,使台湾岛弧与大陆地壳焊接,成为大陆边缘增生的典型例子。

总之,华南不同时代的海沟-岛弧-弧后盆地复合构造体系是从西北向东南方向迁移,但俯冲带有时会向大陆一侧后退和重叠,表明了元古宙和显生宙的板块构造活动。这一方式使华南元古宙以来的洋壳演化发展为大陆地壳,阶段性地不断增生、加厚和成熟。这就是我国华南大地构造格架和地壳演化的过程。

参 考 文 献

- [1] 郭令智、俞剑华、施央申,华南加里东地槽褶皱区大地构造的几个问题的探讨,南京大学学报(地质学),第二期,1~17.
- [2] 郭令智、俞剑华、施央申等,1965,华南加里东地槽褶皱区大地构造发展的基本特征,中国大地构造问题,北京:科学出版社,165~183.
- [3] 李春昱,1975,用板块构造学说对中国部分地区构造发展的初步分析。地球物理学报,第18卷,52~76.
- [4] 张文佑等,1978,断块与板块,中国科学,195~214
- [5] Coleman, Robert G., 1977, Ophiolites: Ancient Oceanic Lithosphere? Berlin, Springer-Verlag.
- [6] Dewey, J. F. and Horsfield, Brenda, 1971, Plate tectonics, orogeny and continental growth. Nature, 225, 521~525.
- [7] Dickinson, W. R., 1971, Plate tectonic models for orogeny at continental margins. Nature, 232, 41~42.
- [8] Engel, A. E. J. *et al.*, 1974, Crustal evolution and global tectonics, Geol. Soc. Amer. Bull. 85, 843~858.
- [9] Hoffman, P., 1973, Evolution of an early Proterozoic continental margin; the Coronation geosyncline and associated aulacogens of the northwestern Canadian shield. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A. 273, 541~581.
- [10] Huang Chi-ching, 1978, An outline of the tectonic characteristics of China, Eclogae Geol. Helv 71, 611~635.

THE GEOTECTONIC FRAMEWORK AND CRUSTAL EVOLUTION OF SOUTH CHINA

Guo Lingzhi, Shi Yangshen and Ma Ruishi

Abstract

The major geotectonic elements of the geosynclinal fold region of south China are classified from northwest to southeast and from Proterozoic to Cenozoic times into five tectonic belts: ① the Jiangnan Donganian-Xuefengian (Proterozoic) island-arc fold-system; ② the Wuyi-Yunkai Caledonian island-arc fold-system; ③ the Hercynian-Indosinian island-arc fold-system along the southeastern coast (including a greater part of Taiwan Island and Hainan Island); ④ the Yanshanian volcanic mountain arc-system along the Zhejiang-Fujian-Guangdong coast; and ⑤ the Taiwan Himalayan island-arc fold-system. On the basis of geological research in the past twenty-old years, the authors are

led to the conclusion that the occurrence of the various island-or mountain-arc systems that have gone through different tectonothermal events is accompanied by the formation and distribution of ophiolite belts, flysch belts, island-arc volcanic rocks and granitic rocks of corresponding geological ages and the global plate motion was operative in the Proterozoic era and Phanerozoic era. As a result of the orogenies of different tectonic cycles, the rock piles of the ancient arc systems are folded and uplifted, and thus become source areas of terrigenous sediments adjacent to the geosynclinal depressions. The deep fundamental fracture zones mark the sites and developments of ancient subduction zones and are closely related to tectonically emplaced, well-developed ophiolite suites. The thermal, mechanical and chemical energies have been active along the major deep fracture zones so as to give rise to progressive metamorphism, migmatization and emplacement of granitic rocks, which suggests the occurrence of the continental crust. And the composite igneous bodies resulting from polycyclic emplacement of granitic rocks are the main cause of thickening and maturity of the continental crust. During the course of folding (compression) and uplifting of the ancient island arc fold-systems, owing to the diapiric upwelling of the mantle material behind island arcs, crustal micro-spreading (extension) took place, which led to the transformation of continental crust into oceanic crust and formation of marginal seas or intra-arc basins. But owing to gradual weakening of the back-arc dilation along the same trend, they again graded into foreland basins of continental crust type. Also, the plate interaction (compression) can cause marginal or inter-arc basins to transform into foreland basins.

It is suggested that the oceanward migrations of the composite trench-arc island-backarc basin(of different ages) systems of south China from northwest to southeast with the elapse of the geological time may be indicative of the process of evolution from oceanic crust to continental crust and the continuous and periodic growth and accretion of the continental margins. Moreover, geological observation also shows that the Yanshanian subduction zone has migrated landward, thus causing one continental crust to be underthrust beneath another continental crust, and, as a result, a great amounts of Mesozoic continental volcanic arcs of acidic composition have been produced along the Zhejiang-Fujian-Guangdong coastal zone.