

地质矿产部深部地质项目科研成果

华南大陆 深部地壳结构及其演化

金文山 孙大中 主编

地质出版社

京)

26

地质矿产部深部地质项目科研成果

华南大陆深部地壳结构及其演化

SY25/30

金文山 赵风清 张惠民 马开义 甘晓春
孙大中 姜 枚 张文治 曾华霖 董英君
王祖伟 王官福 李惠民 薛光琦 等著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书系地质矿产部“八五”深部地质研究计划重大项目成果之一,其特色是采用了地球物理与地质、地球化学,深部地质与表层地质相结合的综合方法,研究了华南大陆地质。对构造、地层、变质作用、岩石地球化学、地质年代学、区域和地学断面的地球物理特征、古地磁以及深部地壳结构等方面作了较系统的论述,并探讨了华南大陆壳的生长、再造及演化模式。

图书在版编目(CIP)数据

华南大陆深部地壳结构及其演化/金文山等著. -北京:地质出版社. 1997. 5
ISBN 7-116-02307-0

I. 华… II. 金… III. ①大陆型地壳-地壳构造-中国, 华南②大陆型地壳-地壳运动-中国, 华南
IV. P548. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 02738 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:肖叶 王璞

责任校对:范 义

*

中国地质大学轻印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 ¹/₁₆ 印张: 11.375 字数: 267000

1997 年 5 月北京第一版·1997 年 5 月北京第一次印刷

印数: 1—400 册 定价: 18.00 元

ISBN 7-116-02307-0

P·1731

前 言

华南地区为欧亚板块与太平洋板块交接地,系西环太平洋金属成矿带的重要组成部分。由于它地质历史悠久,演化复杂,多年来,大陆构造演化及成矿作用研究倍受国内外地质学家的重视。其中,华南大陆构造演化问题一直是讨论的焦点,至今已有“准地台-华南褶皱带”、“沟-弧-盆体系”、“中生代碰撞造山带”、“地体拼贴”、“内硅铝造山带”等种种构造演化模式被提出。随着对华南大陆地质研究的深入,尤其是近年来华南前寒武纪基底及地壳深部结构研究的重要进展,人们不仅认识到难以用上述简单模式说明华南大陆的复杂演化历史,而且还认识到探讨深部地质背景是提高华南大陆构造演化与成矿作用研究程度的关键所在。因此,加强该区深部地壳结构及其时空演化研究意义重大。

近年来,我国地学断面研究取得较大进展,在华南相继完成了以地球物理手段为主的宁德—湖口(一门源)、台湾—黑水、惠东—连县、温州—屯溪等地学断面,以及区域重、磁研究工作,为该区陆壳结构研究奠定了重要基础。但将地球物理与详细的地质和地球化学研究紧密结合还显得很不够。地质矿产部于1991年将华南大陆深部地壳结构及其演化研究项目(8506208)列入“八五”深部研究计划,旨在利用已有的地球物理资料进行深化研究,将其与地质、地球化学研究相结合,深部地质与表层地质研究相结合,以地球动力学和化学地球动力学的概念为指导,重点研究华南地壳的增长、裂解及拼合等的时空演化以及岩石圈块体与构造边界的性质等国内外关注的重大问题,为今后进一步探讨地壳演化与金属成矿关系奠定基础。

该项目下设三个课题:(1)华南北区深部地壳结构及演化的研究(8506208—01),研究范围为杭州—九江—大庸—凤凰—南宁一线以南和福州—衡阳—南宁一线以北,负责单位为地矿部天津地质矿产研究所,课题组成员为赵凤清、金文山、孙大中、甘晓春、张惠民、汤加富、王官福、王祖伟和李惠民等,由赵凤清和孙大中负责;(2)华南区深部地壳结构及演化的研究(8506208—02),研究范围为福州—衡阳—南宁一线以南到海边,负责单位为地矿部南京地质矿产研究所,课题组成员为谢斗克、沈振丰、水汀、施华生、潘国民和杨献忠等,由谢斗克负责;(3)华南区域和深部地球物理研究,负责单位为地矿部地质科学研究院矿床地质研究所,课题组成员为姜枚、马开义、张文治、曾华霖、董英君、薛光琦、李普、张庆合、刘军、李志平、贾秀敏、赵红和李颖等,由姜枚和马开义负责。本书系该项目研究报告经局部修改而成。项目的主要成果有:

1. 编制出华南地区1:200万布格重力异常图、航磁异常图及莫霍面图,并阐明了区域和地学断面地球物理特征。

2. 重点对华南研究区的北区元古宙地层进行较系统的古地磁研究。从古地磁角度探讨区域元古宙地层的对比与时代,并探讨了华夏、扬子和华北地块等的时空演变关系。

3. 通过对华南前泥盆纪变质基底的深入研究,分别建立了扬子地块和华夏地块变质基底的以群为单位的半泥质沉积为主体的地层序列。

4. 通过对变质地层变质作用的系统研究,阐明了华南地区变质基底普遍存在的双层

结构模式,即由结晶基底和浅变质基底两个部分组成。根据变质基底结构在区域上的差异可划分为“扬子式”和“华夏式”二种基本型式,由这二种基底类型组成的不同地块具有明显不同的构造演化特征。因此它可作为华南划分一级构造单元(扬子地块和华夏地块)的依据。这两个地块本身构造演化又是不均一的,不同地区构造演化有某些差异。扬子地块东南部,可划分为江南构造域、怀玉山-浙西北构造域和彭庐构造域等次级构造单元;华夏地块,可划分为闽北-浙东南构造域和桂粤湘赣闽构造域等次级构造单元。

5. 对“板溪群”的含义、岩石-构造特征、时限范围、对比等问题的综合研究表明,“板溪群”不是中生代的构造混杂岩。所谓“板溪混杂岩”实际上包括了华南地区的总体上有顺序的中元古代至早古生代地层单元。

6. 运用单颗粒锆石 U-Pb 法,辅以其它测年方法,重新厘定了某些地层单位的成岩和变质时代,以及火成事件时代,尤其是通过对火成岩中继承和/或捕获锆石测年及壳源花岗岩和幔源基性岩的 Sm-Nd 模式年龄的计算,获得了下地壳较普遍的晚(一中)太古代年龄信息,由此推断华南深部存在分布广泛的晚(一中)太古代变质岩系,并推测晚(一中)太古代是华南地壳的重要生长期。

7. 通过对华南元古宙岩石常量元素地球化学、同位素地球化学研究,探讨了华南不同块体、不同时代地层形成的构造环境,指出元古宙时华南可能不具岛弧环境,地层形成于大陆边缘或内硅铝盆地的构造环境。

8. 依托华南三条地学断面,用地质语言及断面图直观表达了华南地壳结构模式,并指出扬子地块与华夏地块具有不同的地壳结构特点。

9. 指出华南大陆壳的形成过程主要是先存古陆壳的横向扩展(剥蚀、搬运和沉积作用),以及先存中、下地壳变质变形作用和深熔作用的改造,其次是幔源物质的幕式垂直增生及构造位移作用。其演化可划分为原始华南陆壳形成阶段和华南内硅铝(板内)活动阶段。

本书是该项目全体成员的劳动成果,其编写分工见目录,全文由项目负责人金文山和孙大中统编。该项目 Sm-Nd 测年工作由林源贤完成,图件由王少君清绘,文字打印、编排由天津地矿所计算机组完成。

该项目研究工作由地矿部科技司和中国地质科学院科技处直接领导,并得到地矿部天津地矿所、地矿部地质科学院矿床所和地矿部南京地矿所大力支持,还得到地矿部勘探院、地矿部地质力学所、地矿部岩溶所、中国地质大学(北京)和江西、湖南、浙江、福建、广东、广西、海南等省(区)地矿局(厅)及其所属地质队的协助与支持,在此一并致谢。

金文山 孙大中

1997年元月

目 录

前 言	金文山、孙大中
第一章 构造区划	金文山、赵风清、张惠民 (1)
第一节 华南构造研究史概述	(1)
第二节 华南构造单元划分	(4)
一、扬子地块	(5)
二、华夏地块	(7)
第二章 地层序列和岩石建造	张惠民、赵风清、金文山 (10)
第一节 扬子地块	(10)
一、早元古代地层	(10)
二、中元古代地层	(10)
三、晚元古代早期地层	(12)
四、晚元古代晚期地层 (震旦系)	(13)
五、早古生代地层	(14)
六、晚古生代地层	(15)
第二节 华夏地块	(15)
一、早元古代地层	(15)
二、中元古代地层	(17)
三、晚元古代—早古生代地层	(18)
第三章 变质作用	金文山、甘晓春 (19)
第一节 扬子地块	(19)
一、早元古代星子群	(19)
二、中元古代—晚元古代浅变质岩系	(20)
第二节 华夏地块	(22)
一、早元古代麻源群、八都群	(22)
二、早 (一中) 元古代陈蔡群	(25)
三、中元古代及中—晚元古代中级变质地层	(26)
四、晚元古代—早古生代变质地层	(27)
第四章 岩石的地球化学特征及其古构造环境	金文山、王祖伟 (28)
第一节 火成岩地球化学特征	(28)
一、早元古代 (变) 火成岩	(28)
二、中元古代 (变) 火成岩	(38)
三、晚元古代变火成岩	(49)
四、古生代—中生代花岗岩类	(59)
第二节 沉积岩地球化学特征	(60)
一、早元古代变沉积岩	(61)
二、中元古代变沉积岩	(64)

三、晚元古代—早古生代变沉积岩	(69)
第三节 元古宙地层形成的古构造环境及壳源花岗岩演化和分布规律	(74)
一、各元古宙地层单元形成的古构造环境	(74)
二、壳源花岗岩的演化与分布规律	(78)
第五章 同位素地质年代学	甘晓春、李惠民 (82)
第一节 地层时代	(83)
一、宁德—湖口断面	(83)
二、衡阳—凤凰断面	(88)
三、泉州—衡阳断面及惠东—连县断面	(91)
第二节 华南地区存在早元古代—太古宙古老基底的证据	(92)
第六章 地球物理特征及解释	马开义、董英君、姜枚、曾华霖、薛光琦 (96)
第一节 区域地球物理特征及解释	(97)
一、重磁异常图的编制	(97)
二、区域地球物理特征	(98)
第二节 地学断面地球物理特征及解释	(102)
一、华南莫霍面的基本特征	(102)
二、深地震测深剖面的初步解释	(104)
第七章 古地磁研究	张惠民、张文治、王官福 (111)
第一节 元古宙古地磁极位和视极移曲线 (APWP)	(122)
第二节 显生宙古地磁极位和视极移曲线 (APWP)	(127)
第三节 不同块体间的 APWPs 的极对比及其可能的磁性地层学含义	(130)
第四节 华南地区陆壳块体的划分及其与华北、扬子等地块的相互演变关系	(133)
第八章 深部地壳结构	赵风清、孙大中、金文山 (137)
第一节 宁德—湖口断面	(139)
一、深部地壳时间维讨论	(139)
二、深部地壳成分的研究	(143)
三、断面地壳结构模式	(146)
第二节 泉州—凤凰断面	(151)
一、深部地壳时间维讨论	(152)
二、深部地壳成分的研究	(154)
三、断面地壳结构模式	(156)
第三节 惠东—连县断面	(158)
一、变质基底的时代及深部地壳的时间维讨论	(159)
二、深部地壳成分的研究	(159)
三、断面地壳结构模式	(160)
第九章 陆壳生长、再造及演化	赵风清、孙大中、金文山 (163)
第一节 华南大陆地壳的特点	(163)
第二节 华南地壳结构和华南地壳形成的构造环境	(164)
第三节 华南地壳生长、再造机制及演化	(166)
参考文献	(168)

第一章 构造区划

第一节 华南构造研究史概述

中外地质学家所谓的“华南地区”或“中国南方”，有的指中国“扬子准地台”以及南部大陆和毗邻海域，有的指长江以南大陆及邻近海域。该区为欧亚板块与太平洋板块交接地，地质构造复杂，矿产丰富，其大地构造属性的研究倍受中外地质学家的重视，至今已持续了半个多世纪。

Grabau (1924) 认为中国东南沿海广泛分布的变质岩系属太古宇、元古宇，并被晚古生代地层不整合覆盖，缺失震旦系及下古生界，因而称之为“华夏古陆”，并得到李四光 (1937) 的响应。黄汲清 (1945) 把“华夏古陆”解释为加里东褶皱隆起带，继此，喻德渊 (1954)、孙云铸 (1954)、霍敏多夫斯基 (1953) 也都对华夏古陆持否定意见，其中霍敏多夫斯基 (1953) 还以浙江象山至广东海丰一线为界分解出北侧的“华南加里东褶皱带”及南侧的“闽浙太平洋褶皱带”。而后，陈国达 (1956) 认为“扬子准地台”以南地区属“华夏活化区”（地洼），存在前震旦纪古陆，吕梁运动使古老的变质岩构成“下构造层”，是中国古陆的一部分。张文佑 (1959) 在华南划分出“华夏台背斜”和“江南台背斜”一级构造单元，前者范围东抵现代海岸线，西及武夷山、粤西（包括海南岛）。60年代再次出现了否定“华夏古陆”的思潮。谢家荣 (1964) 推断广东云开、闽北、浙南变质岩系属扬子古陆南缘的加里东地槽带，认为向沿海方向依次变新。任纪舜 (1964) 认为华南加里东褶皱带之南还有一个现已裂解、沉没的前寒武纪地台——南海地台。

70年代以来，一些地质学家（郭令智等，1980；李春昱，1981；乔秀夫等，1981；赵明德等，1983）相继以板块构造观点解释华南大地构造，提出华南沟、弧、盆构造发展的假说。如郭令智等 (1980) 将华南大陆及海域，从西北向东南，由元古宙到新生代划分成五个构造带：①江南东安-雪峰（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（包括台湾和海南岛部分地区）海西印支岛弧褶皱系；④浙闽粤沿海燕山期火山弧；⑤台湾喜马拉雅期岛弧褶皱系。总之，他认为华南不同时代的沟-弧-盆复合构造体系是从西北向东南方向迁移的，这一方式使华南元古宙以来的洋壳演化为大陆地壳。

许靖华 (1980, 1987) 将华南与北美阿巴拉契亚南部中生代造山带对比，提出晚前寒武纪（震旦纪）到中三叠世的洋盆，经印支运动洋盆封闭，华南地体与扬子地体发生碰撞并推覆于扬子地体之上，“板溪群”是混杂岩。

王鸿祯等 (1986) 认为扬子地块南东缘是被动大陆边缘，不断向南增生扩大，在浙闽地区分布的一些早一中元古代变质基底仅仅是一些不相连接的海底高地、岛屿或古岛链，似乎不存在稳定的华夏古陆。兰玉琦等 (1988) 也主张东南沿海的早元古代构造层并非是一块完整的古陆，而是被震旦纪一早古生代海洋分隔的岛弧隆起。

水涛等(1986, 1988)在对中国东南边缘大陆变质基底研究的基础上,深入探讨了华夏古陆问题。认为浙、闽变质岩系是环太平洋西缘大陆古变质基底的一部分,其范围广及现代岛弧和边缘海,为中元古代统一的古大陆(华夏古陆),华夏古陆为漂移的古地体,在晋宁早期与江南古陆发生对接碰撞,江山-绍兴断裂为对接带,而向南西延伸的是未关闭的大洋。秦蕴珊等(1987)认为江山-绍兴-木浦-兴州断裂带自元古宙以来就已存在,它造成浙东和浙西出现了截然不同的发展史。其西北侧为中元古代、震旦纪、古生代的活动带(钱塘复向斜),东侧为中元古代以来的长期隆起区,即“华夏古陆”。中生代华夏古陆开始瓦解,发生大面积岩浆侵入和喷发活动。诏安-济州岛断裂带是中生代强烈活动的断裂带,它使长期隆起的“华夏古陆”加速瓦解,东部形成了东海陆架坳陷。李观富(1988)指出华夏古陆形成于前震旦纪,古陆基底主要由中、上元古界组成,局部地区可能有下元古界或更老地层。

董申保等(1986)根据华南地壳演化进程中变质旋回的特点将华南划分为扬子变质地区、华南变质地区和东南沿海-台湾变质地区,认为华南变质地区的结晶基底由前寒武纪的变质岩系组成,可能为扬子克拉通的东延部分,加里东褶皱系是在此基础上发展起来的。加里东期以后,该区逐渐稳定,仅在已发生的裂陷带中继续沉积有近似陆台型但厚度巨大的碎屑岩-碳酸盐岩型建造,它们在海西期和印支期经受低绿片岩相型的区域低温动力变质作用。推断东南沿海-台湾变质地区中的长乐-南澳及莲花山变质地带原与台湾的大南澳印支-燕山期变质地带相连,燕山期后中间地带分裂下陷,形成边缘海盆地。汤加富(1988)指出华南地区具有“扬子式”、“华夏式”和“湘赣式”三种基底结构:扬子式基底在“扬子区内”,震旦系盖层不整合于晚太古代一早元古代结晶基底和中元古代变质褶皱基底之上,构成以双层结构为特征的基底;华夏式基底分布于浙、闽、粤地区,上古生界或中生界不整合于早元古代结晶基底和中晚元古代一早古生代变质褶皱基底上,具单层和双层结构的基底;湘赣式基底处于扬子式与华夏式基底之间,中、晚泥盆世地层不整合覆盖于晚元古代一早古生代浅变质岩系之上,推测该浅变质基底之下可能存在结晶基底。并将华南前寒武纪地壳构造演化分为三个阶段:①晚太古代一早元古代地壳定型分化阶段——在晚太古代华南地区可能就已形成了原始的大陆壳,早元古代期间原始陆壳产生分化;②中元古代地壳裂解焊接阶段——此阶段华南地壳分裂成“扬子”和“华夏”两大地块,盆地收缩关闭,使两个地块重新焊接在一起;③晚元古代地壳扩张闭合阶段——在“扬子区”与“华夏区”之间的地区发生裂解,扩张成海盆,加里东期末盆地收缩关闭,使两地块再度拼接在一起。杨明桂等(1988)推测“江南古陆”地区中元古界之下存在早元古代变质岩系,华南加里东海盆基底并非洋壳,而是陆壳。

任纪舜在1990年重申了华南可划分为扬子准地台、华南加里东褶皱带、印支-南海准地台3个构造单元,认为大陆上的所谓华夏古陆应是后加里东古陆,其前震旦纪变质基底已经加里东及其以后的造山运动强烈改造,而大陆之外才是前震旦纪的华夏古陆,即印支-南海准地台;加里东运动之后三个构造单元联成一体,进入准地台发展阶段。许靖华等(Hsü, K. J. et al., 1990)则再一次强调华南不是后加里东地台,而是一个造山带复合体。该晚元古代/中生代造山带是扬子、华南和东南亚地块的拼接体,它们以板溪—南盘江和古南海缝合带相隔。在晚前寒武纪时扬子地块是与冈瓦纳古陆分离的,当时两者之间是开阔大洋(板溪大洋),在震旦纪和早古生代时期一个活动大陆边缘的构造作用导

致产生了增生楔杂岩——板溪混杂岩及华南复理石推覆体，它们位于华南地块边缘（冈瓦纳大陆北缘）。华南地块和扬子地块在三叠纪时发生碰撞，导致扬子地块被动大陆边缘的变形作用，形成了扬子变形带。泥盆纪时由于海底扩张产生了晚古生代和早中生代海洋（古南海），这时华南地块与更南部的东南亚地块分离。晚二叠世时期东南亚地块与冈瓦纳大陆分离，并向北推进与华南重新联合。在晚中生代华南和东南亚地块碰撞之后，华南被动大陆边缘的层序因褶皱作用和逆冲作用遭受变形，导致在福建沿海零星出露缝合带的混杂岩。李曰俊等（1991）认为华南不存在可作为许靖华所谓的华南中生代碰撞造山依据的构造窗和飞来峰。陈江峰等（1991）确定皖南上溪群属中元古代，皖南与赣东北蛇绿岩套的 Sm-Nd 年龄约为 1.0Ga，因此主张扬子和华夏两板块碰撞拼合发生在中一晚元古代，上述蛇绿岩是缝合线的标志。丘元禧（1994）认为江南-雪峰古陆并非来自华夏古陆，扬子地块的逆掩推覆或重力滑覆属于陆内俯冲或板内挤压或伸展性质。

刘定珩等（1991）将中国南方大地构造演化划分为三个大阶段：①原始扬子陆块与华夏陆块形成阶段（1700Ma 以前）；②板块活动阶段（1700 ~ 400Ma）；③板内活动阶段（400Ma 后），志留纪时，华南盆地转变为华南造山带。上述板块活动阶段（1700 ~ 400Ma）可进一步划分华南盆地演化的四个阶段：①原始洋盆阶段（1700 ~ 850Ma），以四堡运动（1050 ~ 1000Ma）为界，将原始洋盆分为四堡期和晋宁期——四堡期华南洋壳向北俯冲于扬子板块之下，形成沟-弧-盆系，四堡运动使原始扬子陆块的东南缘增生，形成了中元古代晚期褶皱带；晋宁早期（1000 ~ 850Ma）华南洋壳发生双向俯冲，北西形成龙门山-九岭-龙胜岛弧，南东形成武夷-云开古岛弧；②残留盆地阶段（850 ~ 800Ma）——在 850Ma 左右扬子地块与华夏地块在江山-绍兴一带相撞（陆-陆碰撞）形成山系；江-绍缝合带北侧形成浙西前陆盆地，堆积了晋宁晚期骆家门组和虹赤村组磨拉石-复理石建造；沿缝合带往南西延伸，华南盆地仍保持着半深海环境，堆积了神山群浊积岩；③裂谷盆地阶段（800 ~ 500Ma）——从震旦纪开始，在残留盆地背景上形成复合的转换拉张型裂谷盆地系；④盆地消亡和造山阶段（500 ~ 400Ma）——从奥陶纪开始，盆地发生收缩，经多次幕式运动于志留纪末—泥盆纪初形成加里东期华南造山带。

徐备等（1992）认为皖南、浙西、江西北半部属于元古宙、早古生代的多期碰撞造山带，区内可划分出 6 个元古宙地体，即彭庐地体、赣西北地体、皖西南地体、皖东南地体、赣东北地体、皖浙赣岛弧地体。郝杰等（1993）指出湖南沧水铺群、赣北落可崇群、皖南历口群、浙西神功群（河上镇群）、赣东北翁家岭群（广丰群）属江南晋宁期磨拉石，其发育与江南碰撞造山带有关。余达淦等（1993）认为闽、浙、赣边境晚元古代早期地层沉积的构造环境为裂谷环境，赣东北-浙西大裂谷是扬子地块与华夏地块在相对碰撞对接带的基础上再拉开的地堑系，而湘桂板溪群的裂谷性质是扬子地块内部裂谷系，陈炳慰称其为再生性地槽。

黄辉等（1989, 1993）指出闽东南沿海变质带（平潭-东山褶皱带）不是中生代大陆边缘拗陷带，而是加里东期基底褶皱带，中生代（170Ma 左右）有一次区域变质和混合岩化作用事件，也不排除中生代之前曾遭受过区域变质作用的可能性。高俊等（1993）认为平潭-东山变质地体可能是太平洋古陆分裂后的一部分，是晚侏罗世末才增生到大陆边缘的。

涂光炽等（1993）将华南划分为扬子地块和东南褶皱带（古生代褶皱带）两个构造单

元,认为扬子地块从晚太古代开始发育,经晋宁运动形成基底。东南褶皱带自晚元古代发育成洋,早古生代末主体褶皱造山。

周新华等(1993)根据同位素年代学研究,认为中国东南陆壳增生事件主要发育在 $>3.1\text{Ga}$, 2.7Ga 左右, $1.8\sim 2.2\text{Ga}$, 1.4Ga 左右, $0.9\sim 1\text{Ga}$ 左右。

周济元等(1994)将中国东南地区划分为16个不同时代的地体:江南元古宙地体,包括会稽地体、怀玉地体、九岭地体、雪峰地体、九万大山地体;华南加里东地体,包括云开地体、南海地体、大瑶山地体、赣南地体、武功山地体、闽西北地体、皖东地体、宁镇地体;东南沿海和台湾地体,包括南溪地体、东山地体、大南澳地体。

郭福祥(1994)认为华南前四堡期存在统一的华南古大陆,该大陆经历了四次裂陷:四堡期、雪峰期发生的两次陆内裂陷,将华南古大陆分成扬子块体和华夏块体;广西期(加里东期)和新生代发生两次陆缘裂陷,分别形成华南大陆边缘弧后扩张裂陷盆地和琉球弧-菲律宾弧后扩张裂陷盆地。

以往中外地质学家从不同的角度、不同的时空尺度探讨了华南大陆地质构造的特征和演化历史,对华南大陆构造演化模式众说纷纭。但从中可以看出,随着近年来对变质基底的地层、构造、岩石地球化学、同位素年代学研究以及陆壳深部结构研究的重大进展,使人们有可能进一步认识华南大陆的构造特征,在一些重要地质问题上的认识趋于一致或已有共识。例如:①由于华夏地块的许多地区,如闽北-浙西南、广东云开大山、沿海等地都已被证明出露有前晋宁期高绿片岩相一角闪岩相变质岩系(结晶基底),以及在一些深源岩浆岩中获得的深部为古老结晶基底的信息,表明不存在由一个大洋盆发展起来的华南加里东褶皱带,而是属于以大陆壳为基底的裂陷盆地演化的产物,也证明华南自元古宙以来以沟-弧-盆构造体系从西北向东南方向迁移增生的模式是不符合实际的;②华南构造演化不但经历了四堡运动(武陵运动)、晋宁运动(雪峰运动)、加里东运动(广西运动)、海西—印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动,而且经历了吕梁运动(浙闽运动);③通过对扬子地块中的“构造窗”、“飞来峰”的检验,皖南-赣东北“蛇绿岩”时代被厘定为元古宙,结合“板溪混杂岩”实际上是总体有序的中元古代至早古生代地层的研究结果,证明许靖华所谓的华南中生代造山带的模式不适用于华南自震旦纪以来的构造格局;④根据华南变质基底型式,加里东褶皱带及中生代岩浆强活动带的分布格局,表明“扬子准地台”南部陆块显然是比较活动的。

第二节 华南构造单元划分

华南地区变质基底普遍存在双层结构型式,即由结晶基底和浅变质基底两个构造层组成。根据变质基底结构在区域上的差异可划分为“扬子式”和“华夏式”两种基本型式,由于这两种基底类型组成的不同地块具有明显不同的构造演化特征,因此它作为华南划分一级构造单元的主要依据。扬子地块和华夏地块变质基底结构类型也不同于华北地块:华北地块变质基底一般属于前长城纪,其中结晶基底一般为前吕梁期(五台期或阜平期至迁西期)至吕梁期,扬子地块变质基底一般为前震旦纪,其中已出露的结晶基底属于吕梁期至阜平期;华夏地块变质基底一般为前泥盆纪,其中已出露的结晶基底一般为四堡期至吕梁期。由此可见,中国大陆的华北地块→扬子地块→华夏地块,其相对稳定时间具有逐渐

变新的趋势。但各大地块本身的地壳演化又是不均一的，例如不稳定的地块中会有相对稳定的区域，构造演化有某些差异，这些情况可作为将各大地块划分次级构造单元的依据。

一、扬 子 地 块

扬子地块系由扬子准地台一词演变而来，其分布范围大体相同，只是南界有所变动（图 1—1）。扬子地块东南部（研究区）划分为三个次级构造单元：江南构造域、怀玉山-浙西北构造域、彭庐构造域。

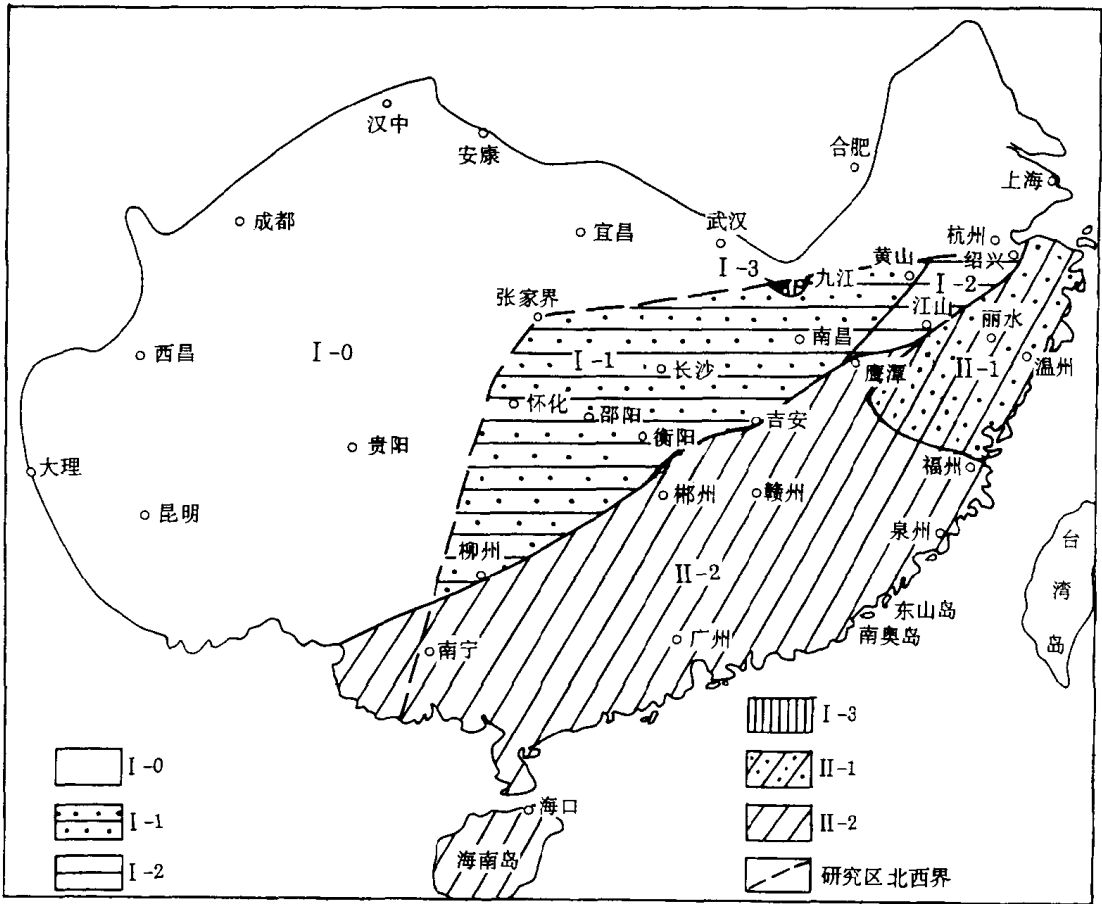


图 1—1 华南（研究区）构造区划示意图

I-0—扬子地块（未分）；I-1—扬子地块江南构造域；I-2—扬子地块怀玉山-浙西北构造域；I-3—扬子地块彭庐构造域；II-1—华夏地块闽北-浙东南构造域；II-2—华夏地块桂粤湘赣闽构造域

1. 江南构造域

其分布大致相当于江南台隆（黄汲清指导，任纪舜等执笔，1983）或江南复背斜（任纪舜，1990），包括桂北、湘中、湘北及赣北、皖南一部分，属于扬子地块南缘，北界大致为江南古断裂带（杨志坚，1987）。该区在加里东期是“华南加里东冒地槽”与“扬子准地台”之间的构造过渡带，向南部水体变深（任纪舜，1990）。该区中生代以来显著隆起，使中、上元古界浅变质岩系大片出露。其中包括中元古代的四堡群（桂北）、冷家溪群（湘）、九岭群（赣西北）、双桥山群（赣东北）、铜厂群（赣东北）、上溪群（皖南），

晚元古代早期的丹洲群（桂北）、板溪群和高涧群（湘）、修水群和程浪群（赣）、历口群（皖西南），以及遍及全区的震旦系。推测这些浅变质岩系之下广泛存在早元古代—太古宙结晶基底，现已获得来自深部的许多信息：①一些深熔岩浆岩具有早元古代—太古宙 Sm-Nd 模式年龄，如广西三防黑云花岗岩、本洞花岗闪长岩，湖南桃江石英角闪质凝灰岩、城步变英安岩等 Sm-Nd 模式年龄分别为 2324 ~ 3720Ma, 1990 ~ 3307Ma, 2426Ma, 2494Ma；②湖南益阳变拉斑玄武岩中捕获锆石 U-Pb 年龄为 1821 ~ 3105Ma；③在江西德兴庄塘英安斑岩（周国庆等，1988）、安徽许村花岗闪长岩（周新民等，1988）发现有深源结晶基底变质岩的包体。该构造域中元古界主要为一套分布广泛的具复理石建造特征的浊流沉积，含少量凝灰物质。沉积物主要为成熟度低的陆源杂砂岩、粉砂质板岩、泥质板岩，边缘地带出现砾岩和含砾砂岩。在局部地区发育基性火山岩和少许超基性岩，四堡群、冷家溪群中的基性火山岩为低钾拉斑玄武岩和低钾富镁拉斑玄武岩（似科马提玄武岩）。结合其沉积岩的沉积构造和地球化学特征，可以看出，它们主要显示过渡壳深水（斜坡相）沉积环境。湖南芷江一带冷家溪群近顶部见有少量紫红色砂质板岩，反映水体变浅，为武陵运动开始使沉积岩层褶皱上升的前兆。四堡群、冷家溪群接受扬子古陆从北偏西方向供给的丰富陆源碎屑。江西、皖南中元古界（九岭群、上溪群、铜厂群）的基性火山岩为钙碱性—碱性细碧岩和钙碱性—拉斑系列大陆玄武岩，沉积岩除深水相特征外也出现含砾岩层（褚家群、九岭群）的浅水相特征。徐备等（1992）根据上溪群木坑组的槽模、斜层理的古水流标志，认为物源来自南部。四堡期浅变质岩系至少遭受两期褶皱，并经历了晋宁期、加里东期的韧性剪切作用，在剪切带中发生了进变质的叠加作用。晚元古代早期，在武陵运动中褶皱隆起，经剥蚀夷平的不整合面上广泛沉积了一套碎屑-火山沉积建造（桂北丹洲群、湘中板溪群、湘中南高涧群、赣西北修水群/落可崇群、赣东北程浪群、皖南历口群），这时期的地貌总体是北高南低，地形上有较大起伏，因而于一些较低洼地区堆积了一套磨拉石建造。向上，总体为由北向南的滨海、浅海型—斜坡型断陷盆地火山-沉积岩系。北部的板溪群、程浪群下部有红色泥砂质沉积，并见有较多的小型透镜层理、缟纹层理、小型斜层理、平行层理、水纹波痕、交错层理等沉积构造，均反映浅水潮坪环境。南部的丹洲群、高涧群等为一套含炭质较多的火山-碎屑复理石建造，其底部为含砾杂砂岩，向上为灰绿、深灰色粉砂质板岩，含炭质黑色板岩夹钙质扁豆体或薄层大理岩；中部夹基性火山熔岩、中酸性—酸性熔岩，构成火山-陆屑复理石沉积；上部主要为灰绿、深灰色粉砂质板岩。总体上反映较深水斜坡相至裂陷盆地相还原条件下的低密度流沉积。由于晚元古代青白口纪末的雪峰运动是一次以整体抬升为主的造陆运动，在较大地区仅造成沉积的缺失或地层剥蚀，与上覆地台相—过渡相的震旦纪地层形成隐蔽的平行不整合接触关系，在岩性相当的情况下难以划界，在南部下陷较深的地区它们可能形成连续沉积；因此，变形一般较简单的板溪群及相当地层单元被视为前雪峰期变质褶皱基底的早期盖层，黄汲清、任纪舜等（1983）称之为“江南式基底”。震旦纪早期，江南构造域的古地理面貌仍具西北高东南低的特征，上扬子（川中）古陆长期隆起向江南构造域北部提供了丰富的陆源碎屑，形成从河流相到滨海相的红色砂、砾岩沉积，砂、泥质岩沉积，向上出现寒冷气候条件下的大陆冰川堆积，在一些地区中下部夹厚度不大的黑色页岩-碳酸盐岩沉积，反映其为间冰期的产物。南区下震旦统属大陆斜坡相和斜坡上断陷盆地沉积，主要为一套海洋浊流沉积与海洋冰川的混合沉积，中部也夹黑色炭质页岩、含锰碳酸盐岩及铁矿层，

为间冰期中气候比较温暖时期的产物；中下部普遍夹凝灰质沉积物，局部地区见有火山熔岩和火山碎屑岩。上震旦统，在本区中北部为稳定型陆表海（台地型）碎屑-碳酸盐相沉积，中南部则为沉积厚度不大的非补偿环境下的炭、泥质硅质岩，反映水体较深、距蚀源区远的滞流水盆地沉积。上震旦统代表一种从稳定台地边缘到斜坡和次深海盆地的沉积环境。

2. 怀玉山-浙西北构造域

该构造域属于扬子地块与华夏地块闽北-浙东南构造域的交结带，东部以江-绍断裂为界，西部大体以赣东北大断裂为界，南部大致到江西鹰潭北—铅山—广丰南一带。该区属于两大地块之间武陵期海盆地封闭后在对接带上的晚元古代活动带，广泛发育晚元古代青白口系，包括皖南的井潭组、浙西的平水群（?）、双溪坞群、河上镇群、松木坞群、赣东北弋阳-德兴地区的登山群及广丰地区的广丰群；其外缘发育中元古代铜厂群、铁砂街群、田里片岩系等，可能表明上述晚元古代早期地层下伏有中元古界。徐备等（1992）称该构造域为皖浙赣岛弧地体，余达淦（1994）认为在晚元古代早期它为赣东北-浙西拗拉槽，向南进入闽赣粤海盆地。上述青白口系以滨海—浅海相浅水沉积为主，发育陆相沉积，同时岩浆活动强烈，以双峰式火山作用为其特征。它应属于活动陆缘海及山前或山间裂隙盆地的火山-沉积岩系。晋宁运动后，扬子准地台褶皱基底总体形成，开始了地台发展阶段。但该区震旦纪—早古生代的“钱塘海盆”具有向华南加里东地槽过渡的特点，沉积了巨厚的震旦系—志留系。加里东旋回后又经历了海西—印支旋回，最终与华夏地块同时进入中—新生代的滨太平洋大陆边缘活动阶段。

3. 彭庐构造域

该构造域包括赣北庐山和彭山地区，它是扬子地块东部研究区唯一出露结晶基底的地区，构造较为特殊。徐备等（1992）称之为彭庐变质地体。出露的结晶基底为早元古代星子群，许靖华等（1987）认为它是中生代碰撞造山带残留下来的飞来峰；项新葵等（1993）、尹国圣等（1995）认为它是变质核杂岩。星子群斜长角闪岩及晚元古代玉琼山花岗岩中的捕获锆石 U-Pb 年龄分别为 2480~2800Ma 和 2752Ma，表明深部存在太古宙变质岩系。星子群之上的、浅变质的中元古代彭山群，其岩石组合与邻区的九岭群类似，主要差别是其中变流纹岩较发育。但尹国圣等（1995）认为庐山汉阳峰变流纹岩属晚元古代地层，称之为汉阳峰组，属于滑移体。庐山北部有一套浅变质岩，包括石英岩、千枚岩、板岩、变沉凝灰岩、变凝灰质砂岩、砾质砂岩、砾岩等，具交错层理，属滨海相。以往将其归属于震旦系碓门组，尹国圣等（1995）则认为其沉积相及变质变形特点不同于武宁-彭泽地区的碓门组，因此将其改称牯岭群，时代归属晚元古代早期。

二、华夏地块

华夏地块一词源于 Graban（1924）的中国东南沿海前震旦纪“华夏古陆”，本文系指华南地区位于扬子地块南部构造相对活动的地块，两者主要区别是，扬子地块的变质褶皱基底一般属于前震旦纪或前雪峰期（前晋宁期），其中结晶基底属于前四堡期；华夏地块变质褶皱基底一般属于前海西期，其中结晶基底属前晋宁期。加里东旋回之后，尤其是燕山期，华夏地块属于滨太平洋大陆边缘岩浆-构造活动带。该地块北界东段为江-绍断裂，中、西段在上饶—韶关—肇庆一带（余达淦，1994）。实际上由于中、西段前晋宁期结晶

基底出露很少, 仅能粗略地推断其边界。广东云开地区的变质基底类型属于“华夏式”, 桂北四堡地区属于“扬子式”, 因此推断边界从两者之间通过 (图 1—1)。西沙群岛的西永一钻孔中变质岩的 Rb-Sr 等时线年龄为 1465Ma (梁效杰等, 1988), 在西一中沙群岛和南沙群岛第三系之下见有黑云花岗片麻岩、混合岩等 (刘以宣等, 1994)。古地磁研究结果表明, 浙东舟山群岛的大衢山岛出露的花岗质片麻岩 (混合岩)、片岩、大理岩等变质岩系属于下元古界 (张惠民等, 1994), 温州东海下钻井花岗质片麻岩的 Rb-Sr 年龄为 1680Ma (刘光鼎等, 1986)。此外, 台湾岛大南澳花岗岩中含有 U-Pb 年龄为 1000~1700Ma 的继承锆石 (Jahn, 1986)。越南昆嵩隆起变质杂岩的同位素年龄为 2500Ma (任纪舜, 1990)。由此可见, 华南前寒武纪变质岩系曾经遍及东南海域。水涛等 (1988) 认为该地块 (华夏古陆) 东界大致为现代东、南海域的岛弧海沟带。

华南地区太古宙变质岩系零星出露于扬子地块康定地区 (康定岩群)、汉南地区 (后河组) 及其邻近的略阳东阁老岭地区 (鱼洞子群)、鄂西 (东冲河岩组) 等地, 华夏地块未见其出露。据近年来深源火成岩的 Sm-Nd 模式年龄及捕获锆石 U-Pb 年龄的研究结果, 两地块下地壳广泛存在太古宙变质岩系。吕梁运动末期, 华北地块、扬子地块和华夏地块可能已经构成统一的古大陆 (张惠民等, 1994; 金文山等, 1994; 郭福祥, 1994)。吕梁运动之后, 华南地区则经历了四堡期、晋宁期 (雪峰期)、加里东期显著的裂陷活动, 被分隔成两个地块尔后又经拼合的几个大旋回的造山运动。自中生代以来, 华夏地块东南缘—南缘进一步裂解, 形成了西太平洋岛弧系弧后的东海-南海扩张盆地。华夏地块大陆部分可划分成二个次级构造单元: 闽北-浙东南构造域和桂粤湘赣闽构造域。

1. 闽北-浙东南构造域

该区在华夏地块演化过程中相对比较稳定, 被人们称之为“华夏古陆”。其中浙西南-闽北地区有较大面积的高绿片岩相至角闪岩相结晶基底出露。在 60 年代至 80 年代中期, 其中将遭受较强混合岩化的变质岩系归属建瓯群 (闽北) 和陈蔡群 D 段 (浙西南), 时代定为前震旦纪。浙西南龙泉地区未混合岩化的变粒岩-片岩-大理岩-绿帘斜长角闪岩组合称为龙泉群, 时代定为震旦纪—早古生代。景宁—青田一带零星出露的变质岩系称为鹤溪群, 时代定为晚古生代。近年来变质基底同位素年代研究结果 (胡雄健等, 1991; 金文山等, 1993; 甘晓春等, 1993) 表明, 该构造域结晶基底均属于早元古代—中元古代; 只有青田芝溪头少量出露的浅变质岩系的时代是属晚古生代 (俞国华等, 1995), 还是属前寒武纪仍有分歧。目前至少可认为该构造域在加里东期是一个古陆, 或震旦纪后或晋宁期后一直是个大陆。震旦纪至古生代时期, 它曾向西南面华南的广大坳陷区提供充足的碎屑物质。

2. 桂粤湘赣闽构造域

该构造域系指华夏地块中以加里东褶皱带为主体的显生宙造山带。其主体重叠于华南褶皱系 (黄汲清指导, 任纪舜执笔, 1983)、或华南造山带 (任纪舜, 1990)、或广西期华南陆缘弧后盆地 (郭福祥, 1994)。该区一些火成岩, 如湖南道县晚燕山期玄武岩、广西大容山花岗岩、广西都安煌斑岩中均发现有深源角闪岩相至麻粒岩相捕虏体。广东云开地区已出露前晋宁期结晶基底, 一些深源火成岩具有早元古代至太古宙 Sm-Nd 模式年龄, 捕获锆石具有太古宙 U-Pb 年龄。根据上述情况, 结合震旦系—下古生界岩相特征可以认为, 加里东海盆不属于大洋盆地, 而是陆内或陆缘裂陷盆地。志留纪末到泥盆纪初加里东

地槽大面积褶皱隆起，成为“准地台”。但该地槽西南端钦州地区仍处于地槽阶段，泥盆系与志留系连续沉积，即属于加里东地槽的残余海盆。加里东运动之后，扬子地块与华夏地块又成为联合大陆，接着又经历了印支期、燕山期、喜马拉雅期构造旋回，尤其是燕山期，华夏地块比扬子地块经受了更剧烈的构造-岩浆活动，形成了著名的东南沿海中生代火山岩和花岗岩带。

华夏地块的东海和南海地区也经历了复杂的构造演化过程。刘以宣等（1994）指出，南海存在晋宁期、加里东期、海西期、印支期和燕山期褶皱基底，新生代南海发生扩张，使基底分离并局部出现洋壳。秦蕴珊等（1987）认为东海基底可能包含前晋宁期结晶基底，上部局部叠加古生代和中生代岩系。在不同的基底上广泛发育新生代地层，最大厚度达 10000m 以上。

第二章 地层序列和岩石建造

围绕深部地壳结构这一主题,作者以华南变质基底为重点研究了区内大套地层序列及其岩石建造特征,为华南构造区划、陆壳结构及其演化历史研究提供了依据。

第一节 扬子地块

在扬子地块东南部(研究区内),出露有早元古代至新生代的地层,但尚未发现太古宙地层。本节仅描述前三叠纪地层。

一、早元古代地层

下元古界仅分布于赣北庐山地区,称为星子群。前人对其时代归属有中生代(江西省地矿局,1984)、早元古代(马长信等,1988)和太古宙(项新葵等,1993)等不同认识。我们根据该群斜长角闪岩的单颗粒结晶锆石 U-Pb 法表面年龄 $1893 \sim 2180\text{Ma}$ (见第五章),以及其古地磁极位(X_z)与华夏地块和华北地块早元古代极位靠近可对比(见第七章)的资料,支持星子群属早元古代的认识。星子群的岩石组合为一套高绿片岩相至低角闪岩相的变质火山-陆源碎屑建造,岩性主要为(十字)石榴黑云石英片岩、(十字)石榴黑云片岩、石榴二云石英片岩、石榴二云片岩、绢云石英片岩等片岩类,其次为(石榴)黑云斜长变粒岩、(石榴)黑云长石石英变粒岩、二云斜长变粒岩等变粒岩类,另外还含少量斜长角闪岩、石英岩,偶见不纯大理岩透镜体。

二、中元古代地层

中元古界在区内分布广泛,遍及整个江南构造域,包括桂东北、湘中、湘北、赣北及皖南的一部分。这是一套厚数千米至万米以上,属复理石明显的半深水—深水相的浊流沉积,含少量火山熔岩及凝灰物质。遭受低绿片岩相的区域变质作用,主要岩性为绢云板岩、粉砂质绢云板岩、变杂砂岩和千枚岩,在局部地区发育变基性—超基性火山岩,其中变基性火山岩多为变低钾拉斑玄武岩和低钾富镁拉斑玄武岩(似科马提玄武岩)。

桂东北地区的中元古界称为四堡群,自下而上分为文通组和鱼西组。文通组下部(相当原九小组)为深灰色、灰绿色板岩、变砂岩和少量千枚岩,在底部见少量微粒变粒岩,夹有变辉绿岩,在区内未见该组的底;上部为灰绿色绢云板岩、千枚岩、粉砂—砂质板岩和变粉砂—细砂岩,夹数层变基性—超基性火山岩,其中变基性火山岩为变低钾富镁拉斑玄武岩、低钾拉斑玄武岩和细碧岩等。组厚度大于 3200m 。鱼西组由灰色、灰绿色绢云板岩、变砂岩夹凝灰岩薄层组成,与上覆晚元古代丹洲群呈不整合接触。组厚约 1500m 。上述变基性火山岩的同位素测年值变化较大,Sm-Nd 全岩等时线年龄为 $2219 \pm 111\text{Ma}$ (毛景文等,1990)、 1782Ma (韩发等,1994),锆石蒸发法 U-Pb 年龄为 $1734 \sim 1863\text{Ma}$ (韩发等,