

中国东南岩石圈板块边界变质带

谢舜克 郭坤一 著

地 质 出 版 社

中国东南岩石圈板块边界变质带
谢燹克 郭坤一 著

责任编辑：郑长胜

地质出版社 出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂 印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：18.125 铜版插页：2页 字数：420000

1989年9月北京第一版·1989年9月北京第一次印刷

印数：1—1220册 国内定价：6.10元

ISBN 7-116-00465-3/P·392

序 言

本书旨在探讨中国东南大陆岩石圈成分和动力学的有关问题。通过下地壳和地壳以下岩石圈的物理、化学性质及地壳提供的岩浆储源位、性质和演变的研究，以及通过岩石圈沉积岩、火成岩和变质岩岩石学特征的研究，查明地球外层的动力过程。在此基础上，提出了中国东部及西太平洋岩石圈板块构造的演化过程，是经历了两次碰撞、三次裂解所铸成的大陆边缘—裂解—海沟地质构造模型。

为建立该模型，作者自1962年以来便积极进行中国东南地区的前寒武系基底杂岩、下部古生代沉积建造的研究。60年代中期，为寻找铜矿资源，开展了震旦系底部的大海山杂岩—细碧角闪岩研究。70年代初期为寻找国家急需的铬铁矿资源，作者参加了边界构造带的蛇绿杂岩研究。80年代初期，为确定中国东南板块运动的性质、碰撞方式和大陆生长特征，重点研究了板块边界变质带，确立了秦岭—大别山地区古缝合线上的高压相系；萍乡—象山边界构造带上出露的中压相系；长乐—南澳生长断裂带上的低压型热动变质带。因此，本书最大的特点是以丰富的实际资料为主，以可信度较高的定性、定量系列实验、测试结果为基础，结合相邻学科，从成因和生长过程进行研究。鉴于上述典型变质带和变质相系，以及典型变质作用类型的研究，建立了地质温度计和地质压力计。并从区域变质矿物特征、共生组合、分布规律、不同相带的系列矿物研究着手，通过矿物物理学、晶体化学、同位素化学、矿物相平衡、热动力学、量子矿物学等手段，重点研究了绿辉石的结构和组分特征，确定了绿辉石的新型结构；对不同相带角闪石系列的结构及晶体化学作了深入研究；高温相系的红柱石晶体量子矿物学研究，其再测定的结构精度超过国际水平；石榴石、斜长石、多硅白云母等有关矿物晶体结构、矿物晶体化学、多型性、固溶体系列的有序与出溶、晶格参数变化等都推出了一批可贵的资料。它们对岩石圈板块构造的研究提供了新的重要信息，为建立接近客观实际的构造模型打下了坚实的基础。

自这批资料推出以来，得到了各方面的支持和好评。矿物岩石地球化学学会在总结1984年变质岩和矿物学研究的新进展时，以很高的评价向社会介绍。同年有关论文被中国地质学会推荐参加27届世界地质大会，和1986年世界矿物学会。因此，它推动了秦岭—大别山构造带和长乐—南澳热动变质带的进一步研究。尤其在变质矿物的成因学研究方面的进展，不仅对变质岩的研究注入了新的血液，也推动了构造—变质岩—成因矿物学的有机结合，使相邻学科得以发展和具有新的生命力，这是本书的使命和职责。当然，该书推出的资料，在认识大陆岩石圈板块构造的演化，合理说明地球表面物质运动学特征方面仍很肤浅，更深入的研究有待今后共同努力。

在研究工作中得到黄汲清、李春昱、张炳熹学部委员的指导和帮助。还得到兰玉琦教授、卢良兆教授、贺同兴教授的帮助。

在工作期间，福建省区调队、浙江省区调队给予了人力、物力等方面的大力协助。中国国家地震局地质研究所冯锦江同志、中国科学院福建物质结构所吴锦金同志、中国地质大学（武汉）张建洪同志、南京地矿所孙以谏、史鸿歧、蒋永才、赵连才、马承安、施华

生、周贡生等同志都作出过不同程度的贡献。图件均为本所绘图室绘制。

这里我还必须提出，本书的各项研究工作得以顺利进行和出版，都与南京地质矿产研究所所长卢志刚、倪若水，科技处长隋增震同志从各方面的大力支持分不开。

这里我向指导和帮助过我的同志和朋友，表示诚挚的谢意。

作 者

1988年 7 月于南京

目 录

序言

第一章 中国东南岩石圈动力学特征——碰撞、裂解和增生	1
第一节 1000—1200Ma期间南北板块俯冲碰撞事件	1
1—1 秦岭—大别山古缝合线	1
1—2 扬子板块的基底岩层特征	3
1—3 扬子板块活动边缘的震旦系一下部古生代的古沉积环境	3
1—4 转换裂解带与交结盆地	4
1—5 1000—1200Ma的构造岩浆特征	5
第二节 370—500Ma期间来自赤道附近的大洋片斜向仰冲在下扬子板 块之上	6
2—1 华夏亚板块斜向仰冲的边界特征	6
2—2 华夏亚板块前泥盆系基底杂岩	8
第三节 220—370Ma期间,中国东南大陆地壳的升降运动及沉积盆地 的迁移	9
第四节 中国东部岩石圈板块向东增生的三次大型裂解和伴随的增生	11
4—1 1000—1200Ma时期的大型转换裂解带	11
4—2 95—190Ma期间中国东部大陆边缘北北东—南北向巨型裂解带	11
4—3 65—1.7Ma中国东部—西太平洋裂解、增生带	16
4—4 裂解—增生地体的形成机制	17
第五节 中国东南板块的构造岩浆类型、分布及地壳演化	17
5—1 1000Ma期间的富斜花岗岩	18
5—2 350—500Ma二云母花岗岩、花岗闪长岩类	18
5—3 200—250Ma黑云母花岗岩、花岗闪长岩类	19
5—4 95—195Ma东南大陆边缘的生长构造岩浆地体演进——晶洞花岗岩	20
第六节 中国东南板块的主要断裂型式	26
6—1 东西向基底断裂	26
6—2 南北向—北北东向大型张裂	26
6—3 北东—北东东向畸变型断裂	27
6—4 北西向晚期浅层断层	27
第七节 区域地球物理场和地壳上地幔构造基本特征	27
7—1 中国东南的地震、爆炸、天然剖面	27
7—2 深部重力场的构造解释	33
7—3 华南地区地壳深部场源磁异常	36
7—4 大地热流	36
7—5 中国东南的古地磁与岩石圈板块增生	37
第二章 变质相与变质相系的划分	39

第一节	变质相的划分	39
第二节	变质相系的划分	40
第三节	区域变质作用的压力-温度-时间轨迹	40
第四节	中国东南变质相和“相系梯度”的划分方案	44
第三章	中国东南沿海长乐-南澳低压-高温变质作用带	48
第一节	区域变质岩主要岩石类型	48
第二节	典型剖面研究	50
第三节	变质矿物相的特征及相带划分	60
3—1	高角闪岩相——C 带	60
3—2	低角闪岩相——M 带	63
3—3	绿片岩相——I 带	64
第四节	硅酸盐造岩矿物在变质过程中的条件研究——P-t-c 信息及趋势	65
4—1	长石研究	66
4—2	云母的地质温度计和地质压力计	70
4—3	石榴石成分特征及其与 P-t 条件的关系	77
4—4	变质带的角闪石研究	82
4—5	红柱石晶体结构的再测定及顺磁共振的研究	93
第五节	稀土元素和稀土矿物研究	107
第六节	O、Nd 同位素地球化学特征	124
6—1	长乐—南澳变质带的氧同位素地球化学	124
6—2	钕同位素	129
6—3	结 论	131
第七节	变质带的变质岩岩石化学及原岩特征	132
第八节	闽、粤沿海变质构造岩固态流变构造特征	141
8—1	固态流变构造宏观特征	141
8—2	光学显微镜下变质构造岩及变形石英塑性变形主要表象	142
8—3	变形石英位错组态特征	143
8—4	差异流动应力值的半定量估算	144
8—5	应变速率估算	144
8—6	主要认识	146
8—7	变质带的主要地质构造背景	147
第四章	萍乡—象山中压相系变质作用带	148
第一节	陈蔡群变质杂岩的主要岩石类型	149
第二节	变质矿物研究	150
第三节	中压相系——陈蔡群变质岩岩石化学特征	165
3—1	陈蔡群岩石化学及微量元素特征	167
3—2	岩石化学及地球化学数值所提供的原岩信息	169
第四节	萍乡—象山边界变质带的中压型变质相	169
第五章	高压变质杂岩	172
第一节	秦岭—大别山古缝合线的高压低温变质杂岩	172
1—1	区域变质岩的岩石类型	173

1—2 秦岭—大别山地区低温高压变质带的变质矿物学	174
第二节 大别山地区变质岩原岩恢复的探讨	220
第三节 “大别杂岩”变质相的划分和特征	224
3—1 蚌埠—东海地区变质相的划分	224
3—2 大别山地区变质相的划分	227
第四节 蛇绿岩特征	230
4—1 蛇绿岩剖面	230
4—2 蛇绿岩的产状及时代	238
第五节 秦岭—大别山构造带的构造特征	239
参考文献	243
外文摘要	248
图版说明	277

CONTENTS

Introduction

Chapter I Lithosphere dynamics features of Southeast China

collision, breakup and accretion.....1

Section 1 North and south plates subduction-collision event at 1000-

1200Ma.....1

1—1 Qinlin-Dabieshan palaeosuture line 1

1—2 Basement rocks features of Yangtze plate 3

1—3 Activity marginal palaeosedimental environment of Yangtze plate during the period of Sinian to low-Palaeozoic..... 3

1—4 Transform-breakup belt and intersect basins 4

1—5 Tectonic-magma features at 1000-1200Ma 5

Section 2 Oceanic slab from the Equator obducted obliquely over

the low Yangtze plate at 370—500Ma.....6

2-1 Boundary features of Cathaysian sub-plate 6

2-2 Pre-Devonian basement complex of Cathaysian sub-plate..... 8

Section 3 Vertical movement and sedimental basin migration of

the continental crust of southeast China at 220—370Ma 9

Section 4 Three large-scale breakup and accompanied accretionary

during the period of the East China lithosphere plate

towards east11

4-1 Big type of transform-breakup belt at 1000—1200Ma11

4-2 Big type of breakup belt trending in NE-SN developed on the continental margin of East China at 95—190Ma11

4-3 Breakup-accretionary belts occurred on East China to Western Pacific ocean at 85—1.7Ma.....16

4-4 The forming mechanism of breakup-accretionary terrane17

Section 5 Different kinds of tectonic-magma types and distribution

as well as the crust evolution of Southeast China plate17

5-1 Plagioclase-rich granite formed at 1000Ma18

5-2 Muscovite-biotite-granite and granodiorite formed at 350—500Ma18

5-3 Biotite-granite and granodiorite formed at 200—250Ma19

5-4 Mirolite-the product of growthing tectonic-magma terrane evolution of the southeast continental margin at 95—195Ma.....20

Section 6 Main faults types within southeast China plates26

6-1 Basement faults trending in EW.....26

6-2 Big type of extension faults trending in SN-NNE26

6-3 Distortion faults trending in NE-NEE	27
6-4 Late hypabyssal faults trending in NW.....	27
Section 7 Regional geophysical field and basic features of the	
crust and upper mantle	27
7-1 Seismoprofile of Southeast China.....	27
7-2 Tectonic explain for depth gravity field	33
7-3 Depth magnetic anomaly for the depth crust in South China area	36
7-4 Earth heat-flow	36
7-5 Paleomagnetism of Southeast China and accretionary lithosphere plate.....	37
Chapter II Dividing of metamorphic facies and metamorphic	
facies system	39
Section 1 Dividing of metamorphic facies	39
Section 2 Metamorphic facies system	40
Section 3 P-Tt locus of regional metamorphism	40
Section 4 Dividing scheme of metamorphic facies and metamorphic	
“facies system gradient”, Southeast China	44
Chapter III Changle-Nanao low-pressure and high-temperature	
metamorphic belt, Southeast coast China	48
Section 1 The types of main regional metamorphic rocks.....	48
Section 2 Study of typical sections	50
Section 3 The features of metamorphic minerals facies and divid-	
ing of the facies belt	60
3-1 High hornblende facies belt—C belt	60
3-2 Low hornblende facies belt—M belt	63
3-3 Green schist facies belt—I belt	64
Section 4 P-t-c information and tendency obtained from silicate	
rock-forming minerals during the process of metamorphism.....	65
4-1 Study of feldspar	66
4-2 Geological temperature and pressure estimated by mica.....	70
4-3 Garnet.....	77
4-4 Amphibole	82
4-5 Refinement of the crystal structure and ESR of andalusite.....	93
Section 5 Study of Rare Earth Element and bearing minerals	107
Section 6 The features of O, Nd isotope geochemistry	124
6-1 O-isotope geochemistry	124
6-2 Nd-isotope geochemistry	129
6-3 Conclusion.....	131
Section 7 Metamorphic petrology and primary rocks features	132
Section 8 Structural features of solid state flow in metamorphic	
rocks.....	141

8-1	Macroscopic features of solid state flow.....	141
8-2	Structural features of metamorphic rocks and deformed quartzs under the optical microscope.....	142
8-3	The features of dislocation configurations of deformed quartz	143
8-4	Estimated of differential flow stress	144
8-5	Estimated of strain rate	144
8-6	Main conclusion	146
8-7	Main geological and structured features of metamorphic belt.....	147
Chapter IV Pingxiang-Xiangshan middle pressure facies system		
	metamorphic belt	148
Section 1	The main types of Chengcai Group metamorphic complex.....	149
Section 2	Study of metamorphic minerals.....	150
Section 3	Petrochemistry features of Chengcai Group metamorphic rocks	165
3-1	The features of petrochemistry and trace element	167
3-2	Primary informations obtained from petrochemistry and geochemistry.....	169
Section 4	Middle-pressure metamorphic facies developed on boundary metamorphic belt, Pinxiang-Xianshan	169
Chapter V High-pressure metamorphic complex		172
Section 1	High-pressure and low-temperature complex developed on Qinlin-Dabieshan paleosuture line	172
1-1	Main types of regional metamorphic rocks	173
1-2	Study of mineralogy of low-temperature and high-pressure metamorphic belt	174
Section 2	Discussion for primary rocks	220
Section 3	Dividing of the metamorphic facies and their features of "Dabie" metamorphic complex.....	224
3-1	Dividing of the facies of Bengbu-Donghai area	224
3-2	Dividing of the metamorphic facies of Dabieshan area	227
Section 4	Features on ophiolites.....	230
4-1	Sections of ophiolites	230
4-2	Occurrence and forming age of ophiolites	238
Section 5	Tectonic features of Qinlin-Dabieshan tectonic belt	239
References		243
Brief Text in English.....		248
Photograph		277

第一章 中国东南岩石圈动力学特征

碰撞、裂解和增生

中国东南部为欧亚板块前缘，濒临西太平洋，它是中国大陆向东向南增生，大陆板块裂解的典型构造区。自 1200Ma 以来，曾发生过两次大规模的碰撞拼接：即 1000Ma 左右的扬子板块由南向北俯冲，500Ma 左右发动的由南西向北东仰冲，推掩在下扬子亚板块之上。这次碰撞拼接之后，基本上奠定了中国东南的基底构造格局雏形。同时，也发生过北北东向三次平行的大规模大陆板块裂解：1000Ma 左右，伴随着碰撞所发生的近北北东向大型转换裂解带。在破坏的同时，增添了一套超基性-基性及钙碱性杂岩的“侵入”和喷出；160—100Ma 期间，在欧亚大陆板块东部边缘，发生了新的北北东—南北向大陆裂解，向东撕裂的碎块形成朝鲜半岛、日本、台湾诸岛。破坏的同时，建设有一套大陆型流纹岩链；35Ma 以来，出现在欧亚大陆边缘最新一次的大型裂解，形成西太平洋以系鱼川—静冈构造线为界，东侧的千岛群岛—东北日本—伊豆—小笠原位于裂解带上，有碱性玄武岩、拉斑玄武岩系列增生岩浆-构造地体。它们呈南—北向到北北西向延伸，构成一特殊的构造型式。因此，中国东南岩石圈板块的演化，都与欧亚大陆板块向东增生的过程有着直接的关系。

第一节 1000—1200Ma 期间南北板块俯冲碰撞事件

1—1 秦岭—大别山古缝合线（图 1—1,2）

1000—1200Ma 期间扬子板块由南向北俯冲，在秦岭—大别山地区形成方向大致呈近东西向的古缝合线。在这条古缝合线上出露有高压低温变质带。蓝闪片岩由青铝闪石（ $\text{Na}_8=1.62-1.63$ ）、硬柱石、钠长石、石英组成；高压变质地体中的 C 类榴辉岩由绿辉石（其硬玉组分高达 49%）、铁铝石榴石、钙质闪石（冻蓝闪石及韭闪石）、石英、斜黠帘石等组成。这套变质杂岩的时代，在圻春、罗田两幅 1:20 万区测时所作的 U—Pb 同位素年龄值分别为 2080Ma、1808Ma。1981 年发表的大别群四组年龄值为 1954Ma—2424Ma。最近陈汉宗（1987）所作的鄂东北大别群上亚群锆石视年龄 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 为 1900—2054Ma。早元古代的桐柏山群 Pb—Pb 等时线年龄在 2322—2413Ma；中元古代红安群的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 视年龄值 1850Ma，而红安群的变质却发生在中元古代晚世 1400—1100Ma。因此可以认为，大别群高压相系变质杂岩为太古代及中、早元古代原岩，变质年代在 1400—1100Ma 之间。

在变质杂岩南侧，还有呈线型侵位的蛇绿岩套：它由超镁铁质杂岩——纯橄榄岩、斜辉辉橄岩；辉长质杂岩——橄榄岩、橄辉岩、辉长岩组成，具堆晶构造；席状顺层侵位的辉绿岩；具枕状构造的细碧角斑岩；放射虫硅质岩（ SiO_2 含量高达 97%）。它们的同位素年龄值：斜辉辉橄岩、蛇纹岩的 K—Ar 年龄为 1289Ma、1309Ma，皖东张八岭的细碧角斑

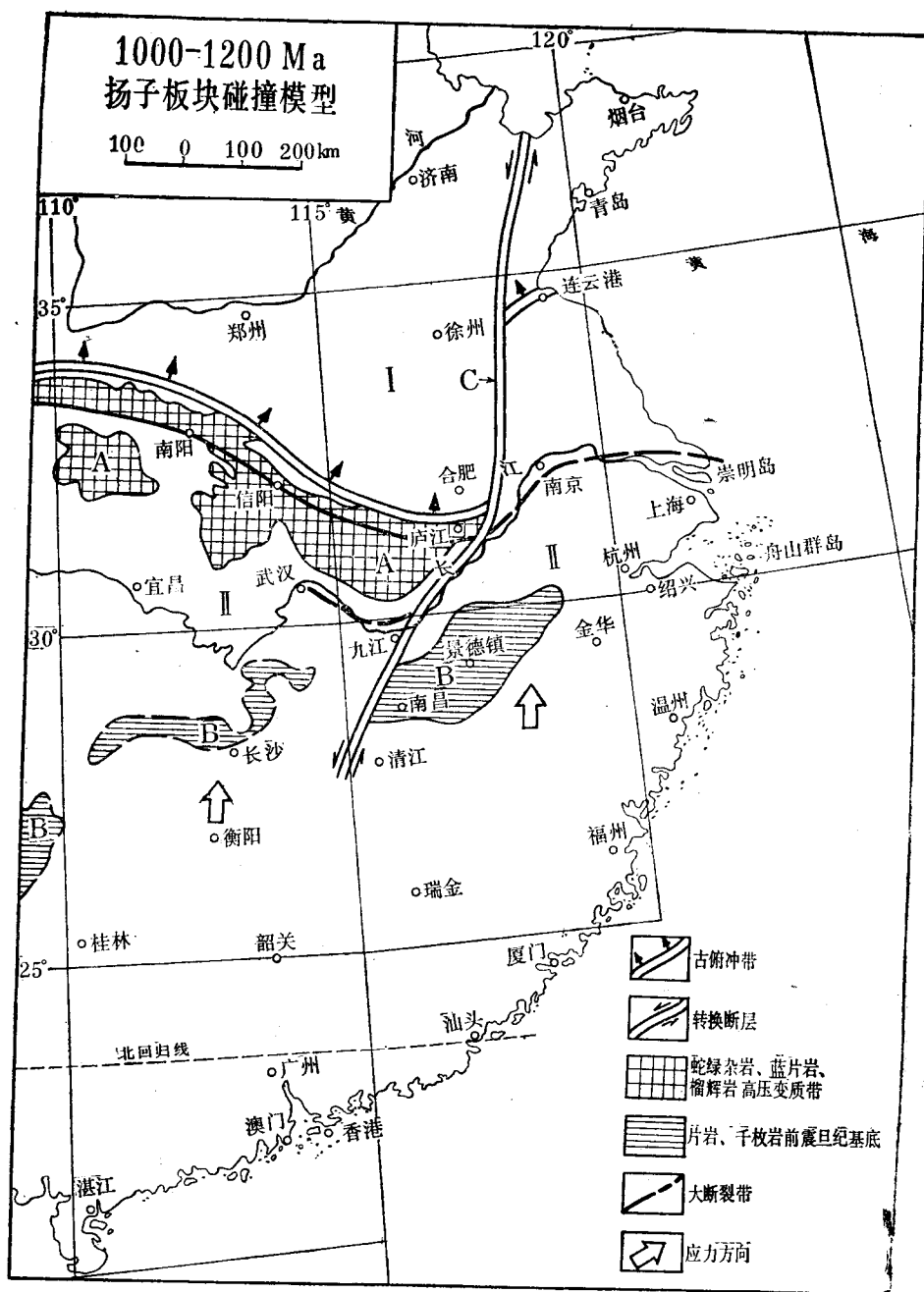


图 1-1 1000—1200Ma 扬子板块碰撞模型

I—中朝大陆板块；II—扬子板块；A—秦岭—大别山古俯冲带；B—雪峰—九岭—怀玉山外隆；
C—郧—庐—九江—清江转换断裂带

岩 Rb—Sr 等时线年龄为 $730 \pm 50\text{Ma}$ ，全岩 U—Pb 法年龄为 860Ma 。宿松河塌变质石英角闪岩系，其等时线 Rb—Sr 年龄为 $848 \pm 73\text{Ma}$ （桑宝梁等，1987）。

从大别山地区的蓝闪片岩相及蛇绿杂岩的时代研究表明，秦岭—大别山古缝合线的形成是前震旦系，晋宁旋 1 扬子板块向北俯冲过程中的产物。

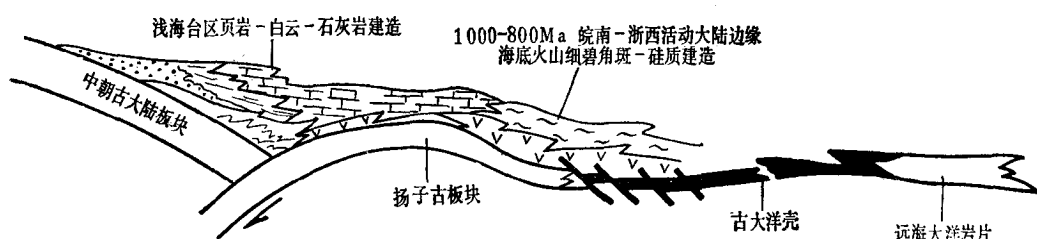


图 1—2 1200—800Ma 扬子古板块构造再造

1—2 扬子板块的基底岩层特征

扬子板块的基底岩层与华北大陆板块的基底杂岩完全不同。不仅如此，它与大别山的高压相系变质地体，和华南地区武夷山隆起的绿岩基底杂岩都不尽相同。

扬子板块的雪峰山—怀玉山（江南隆起）外隆，出露的基底岩石为一套准稳定块体的片岩、千枚岩类。古扬子板块东端江西境内的中元古代称为双桥山群，安徽境内称为上溪群。下亚群的下段主要为灰绿色厚层千枚状粉砂岩、千枚岩、千枚状含钙长石石英砂岩，具斜纹理及交错层理；上段则以灰绿薄—中层变余凝灰质砂岩为主，水平微细层理发育、层面上可见波痕、冲刷槽模。在宜春、宜丰一带为定套深海浊积岩、细碧石英角斑岩建造。

德兴附近，上亚群与下亚群之间呈连续沉积。岩性的下岩性段以青灰色凝灰质板岩，绿泥绢云板岩为主，板岩普遍含炭质及砂质团块；上岩性段，以青灰色薄—中厚层状凝灰质板岩为主，夹层凝灰岩及变凝灰质砂岩。总厚度近7000m。

双桥山群、上溪群普遍被上墅组（落可嵎组）或志棠组（峒门组）不整合覆盖。彭山地区变细碧岩的 Rb—Sr 等时线年龄为 $1515 \pm 241\text{Ma}$ （邹文学，1987），德兴县铜厂凝灰质千枚岩中，Rb—Sr 全岩等时线年龄为 1401Ma。同时，在两个亚群中含比较丰富的微古植物。上亚群所含微古植物组合包括11个属15个种。在这些种的分子中 *Leiominusculaminuta*, *Trachysphaeridium Simplex* 等相当于北方震旦系的串岭沟组及我国南方昆阳群大隆口组；下亚群，在毗连湖南浏阳升平—板坑地区所含 *Asperatapsophosphaera umishanensis* 和 *Leiofusabicornuta*，等也产于北方的雾迷山组和洪水庄组，也见于三峡地区震旦系莲沱组至陡山沱组。因此，可以认为下亚群相当于长城系和蓟县系下部；上亚群，相当于蓟县系上部和青白口系下部。但考虑到南方微古植物在地层对比方面可信度不高，然而它们又都处于未变质的落可嵎群或上墅群之下，故将它们置于中元古代是合适的。

1—3 扬子板块活动边缘的震旦系一下部古生代的古沉积环境（图1—2）

俯冲事件之后，扬子板块在东部形成的构造格局由北向南为：大陆斜坡、远海坪、边缘活动深海海槽。其叠置增积棱柱楔表现出由滨海的砂砾岩相—浅海石灰岩、白云岩相—复理石相—火山（细碧岩）—浊积岩相、碧玉岩—硅质岩相。如徐州—滁县的陆坡沉积则以砂砾岩、页岩为主。古大陆斜坡的辛集组（猴家山组）就普遍分布有一层底砾岩，而且也比较稳定。至古大陆斜坡下，该砾岩层不复存在，相变为砂页岩。至凤阳则相变为泥灰岩、泥灰岩中夹数层同生角砾岩，底部有透镜状含磷层。而且生物群落和生态也强烈地

反映出这一构造域的特征。如下寒武系本区有特定的化石 *Hsuaspis* 出现，奥陶纪有与华北相同的鸚鵡螺大量出现，也有扬子型早奥陶世以下垂类和下曲类对笔石为主要成分的下垂笔石出现。

长江区，主要为黑色页岩、石灰岩、白云岩、硅质岩。该区为南北过渡地带，生物群落存在着华北型动物群和华夏型动物群两种分子混杂地带，由于停滞性还原环境，底栖动物几乎无法生存，极多营漂浮生活的盘虫类球接子类与三叶虫 *Olenids*，并有扬子区特产 *Loshanellidae* 科三叶虫。

向南，至皖南、赣东北，浙西活动古大陆边缘，伴随着东西向生长深大断裂所控制的沉积叠置增生柱，为典型的大洋型建造。如上元古界的上墅组（或松木坞组）为具枕状构造的海底火山岩（细碧角斑岩），震旦系为一套浊流沉积—火山—高硅碧玉岩。这些厚达数千米的浊流是由于活动边缘海槽内火山爆发和频繁的地震地质事件，使流体发生扰动。浊流作为潮流运动，或者滑坍落下，或由流体化的沉积物被均夷而成。它反映了该区活动的地质构造特征。浊流在海底峡谷下游冲积扇形成分流，具备的鲍马层序的沉积相。上奥陶统在皖南绩溪、宁国、浙西于潜、昌化等地可见发育良好的典型复理石建造。其生物群落反映出与华北古大陆区动物群之间的区别越来越明显，与长江区也有较大的差别。如最重要的非球接子类三叶虫和 *Ceratopygidae* 科在扬子区就没有发现。早奥陶世则以平伸类对笔石 *Didymograptus* 为主，中奥陶世早期即胡乐期，有独特的娇笔石 *Abrograptus*，则没有三叶虫共生。

从岩相和生物生态反映出下扬子地区的构造古地理，横向是由大陆坡至海槽型活动大陆边缘。垂直向沉积相发育特征，由海底火山浊积相→复理石→页岩相。显示出由不稳定向稳定演化的构造特征。

1—4 转换裂解带与交结盆地

伴随扬子板块俯冲过程，在扬子板块东段形成北北东向转换带，它是北端郯城—庐江大断裂、跨过长江至九江，再向南南西向延伸至清江。具有分割不同构造—地层地体，使其横向不连续。在水平方向将大别山隆起东端切断，以左旋形式使东侧向北推移至徐州—连云港一带。东侧下陷，形成苏北断陷中的古生代—中生代沉积地层，与西侧古老变质杂岩焊接在一起。跨过长江至九江—清江段，切断雪峰山—怀玉山水下隆起，基底杂岩被错断，扭曲成波浪形。

在转换裂解带形成过程中，当与基底东西向断裂交切时，便形成一系列交结盆地。由北而南，如大别山东端的大型“徐淮交结拗陷盆地”，基底属中朝古大陆板块基底杂岩，其上沉积了一套大陆坡型震旦系至中生代沉积地层，以及巨厚的新生代沉积层。盆地中的沉积柱体是叠置在秦岭—大别山变质地体，中朝古大陆板块、以及郯—庐转换裂解块间带之上。盆地南陡北缓，南翼地层发育较完整。盆地周边出露有海底火山杂岩。

与大别山南侧的“长江”深大断裂交切，形成庐—枞、宁—芜、彭—湖—九交结盆地。其长轴大致为近东西向。它们以破褶为其特点，给长期的岩浆活动提供了通道和空间。燕山旋遇在交结盆地中有大量的花岗闪长岩类和中、酸性斑杂岩体侵入。

另一大型交结盆地是南昌交结盆地，为北北东向转换裂解块间带，与扬子板块活动边缘的近东西向萍乡—江山—象山大断裂交切形成的。规模较大、破碎程度较高，盆地周边基岩裸露，盆地中部沉积了直至新生代的沉积柱体，在宜丰、万载、德兴有晋宁旋 1 的超

基性岩—变橄榄岩、变角闪石岩、变角闪辉石岩等杂岩，及细碧岩、辉绿岩、玄武安山岩等。以及燕山旋回的辉长辉绿岩侵入。

因此，交结构造盆地的形成有以下特点：

- A) 它是北北东向与近东西向断裂交切，形成的破碎地带和紧密褶皱区；
- B) 交结盆地是岩浆活动，和岩浆分异的有利构造区；
- C) 为地幔穹起构造区和高热流的构造活动区。重力表现为正异常环形梯度带；
- D) 地形大多为负地形。

1—5 1000—1200Ma的构造岩浆特征

扬子板块在1000Ma期间，岩浆活动频繁。主要为基性火山岩、及斜长花岗岩。

基性超基性岩类：超基性岩有橄榄岩、蛇纹岩、角闪辉石岩、辉长岩。主要出露在绩溪伏川、宜春慈化、万载黄茅及德兴铜厂、诸暨石角等地。

基性火山岩，主要分布在“江南隆起”两侧及萍乡、新余、弋阳、上饶、龙游、诸暨等地。它们有下述几种类型：A) “海沟型”细碧—石英角斑岩共生组合：有细碧岩—细碧质角砾熔岩；细碧岩—细碧质凝灰岩；细碧岩—角斑岩—石英角斑岩；B) “边缘海型”细碧—石英角斑岩共生组合；C) “火山岛弧型”玄武岩—安山岩共生组合；D) “大陆边缘型”玄武岩—安山岩—流纹岩共生组合；E) “大陆内部型”英安岩—安山质凝灰岩共生组合。其岩石化学特征： $K_2O + Na_2O$ 对 SiO_2 变异图中，大多落入碱性和高铝玄武岩类，A FM三角图解则全都落入拉斑玄武岩区。在地理分布与岩石化学之间的关系反映出不同构造区岩性及地球化学参数不同，但它们显示出一定的规律。从“江南隆起”→萍乡—江山—诸暨由大陆边缘型→海沟型， Na_2O 值由低到高， MgO 值明显增加， SiO_2 则相应降低，大洋系数($KO_1 = MgO + 2TiO_2 - 3K_2O$)值从大陆边缘型→海沟型逐渐增加(2.78—0.80→9.74)。熔岩的 $(MgO + TiO_2) / SiO_2$ 值由大陆边缘型至海沟型有规律的增加(0.08→0.087→0.199)。

这一时期还有富斜花岗岩、二云母花岗岩侵入。其特点是大多出现在雪峰—怀玉山隆起带上。如九岭复式岩体、休宁岩体、许村岩体、歙县岩体、石耳山复式岩体等。在九

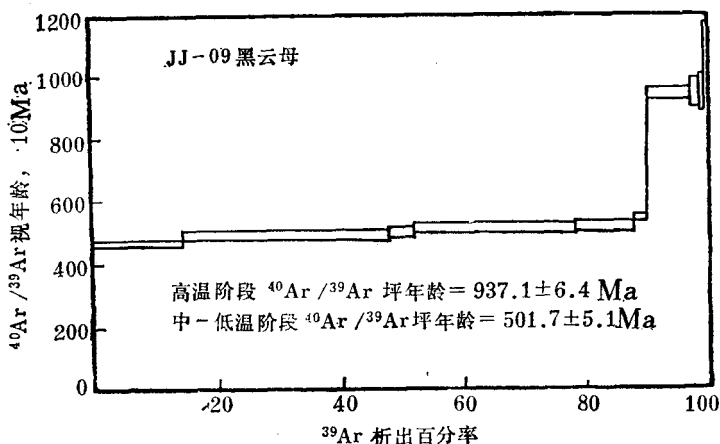


图 1—3 JJ-09黑云母 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 阶段加热年龄谱 图中线段宽度表示误差大小
(胡世玲等, 1985)

岭地区常见侵入于中元古界双桥山群中，碇门组砂砾岩沉积不整合覆于其上。皖南休宁地区震旦系休宁砂岩不整合覆于其上。九岭花岗闪长岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 高温阶段 (1000—1250℃) ^{39}Ar 的坪年龄为 $937.1 \pm 6.4\text{Ma}$ 。它代表早期结晶时代。中—低温阶段 (600—850℃) ^{39}Ar 对应的坪年龄 $501.7 \pm 5.1\text{Ma}$ 。中—低温热扰动坪年龄反应了九岭岩体形成后，经历了一个较强烈的热事件 (胡世玲等, 1985)。该年龄值和邻区安徽休宁花岗闪长岩的 Rb—Sr 年龄 $963 \pm 6\text{Ma}$ ，许村岩体 K—Ar 年龄 913Ma 、歙县岩体 U—Th—Pb 年龄 928Ma 基本一致 (图 1—3)。

第二节 370—500Ma 期间来自赤道附近的大洋片斜向仰冲在下扬子板块之上

2—1 华夏亚板块斜向仰冲的边界特征

从扬子板块的九岭岩体所反映出 500Ma 热事件，表明加里东旋 1 早期华南就发生了较大的构造事件。华夏大洋型板块就开始以斜向 (走滑) 仰冲的形式与下扬子亚板块碰撞，拼接在一起，400Ma 左右完成了中国东南的“统一” (图 1—4)。

拼接的北部边界在萍乡—广丰—象山一线，大致呈东西向。在鹰潭—清江段切断“江南隆起”向西南延伸的前寒武系杂岩。戈阳以东，浙西拗陷带中南西—北东延伸的前泥盆系构造层，被近东西向拼接带切断。同时，由于华夏亚板块仰冲作用，至使闭合过程中将大洋壳玄武岩层—绿岩推覆在下扬子亚板块之上。仰冲带上，反映在地表的褶皱形式，以北东东—北东向紧密线型褶皱、走向逆冲或斜向冲掩断层发育。重力反演计算经上延，深部为东西向的梯度带 (图 1—5)。

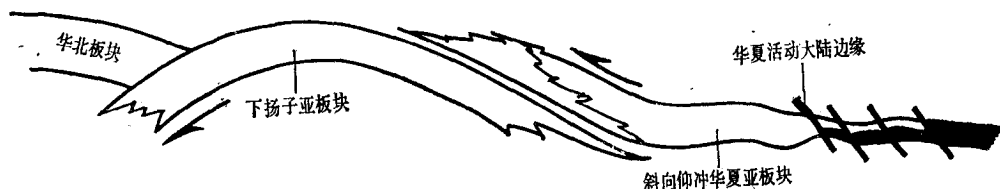


图 1—4 350Ma 华夏亚板块斜向仰冲构造模式

西部边界，则以北东—北北东向清江—吉安—泰和—韶关—四会—吴川一线为界。与晋宁旋 1 形成的郟—庐—九—清转换裂解带相联接，形成一巨大的西部边界构造带。断层西侧有大片出露的云开大山 (罗定地区) 混合岩和混合花岗岩，形成时代七个同位素年龄值在 377Ma—552Ma 之间。下奥陶统缩尾岭群石英砂砾岩，以微角度不整合在寒武系八村群硅质页岩之上。志留纪时，西侧沉积有类复理建造，东侧则无相应的沉积。早泥盆纪沉积在四会—吴川西部边界带以西有含腕足类、珊瑚化石的海相碳酸盐沉积，厚达 2500m，称为“广西型”。中上泥盆世棋子桥期海侵基本上沿萍乡—吉安—遂川推进。200—246Ma 并沿此边界带有花岗岩和基性—超基性岩侵位。断裂以西的粤西地区全部抬升，沿着边界带形成一系列狭长条带状断续的山间盆地，沉积了晚三叠世陆相含煤碎屑岩建造。如东侧海陆交互的良口群以角度不整合覆盖在不同时代的老地层之上。

最值得注意的是，它作为加里东造山旋 1 的边界，明显的限制了燕山旋 1 的岩浆活

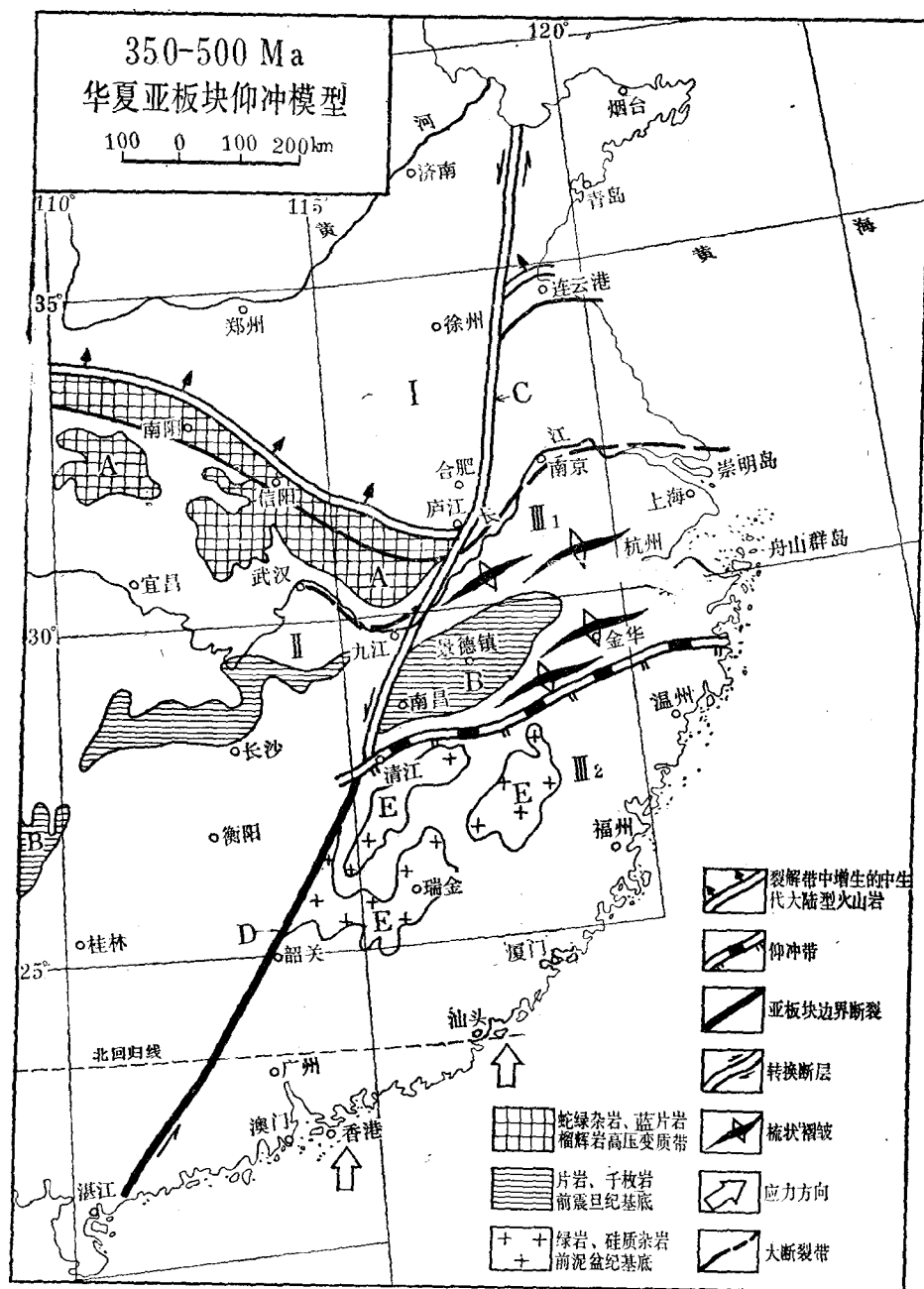


图 1-5 350—500Ma 华夏亚板块仰冲模型

I—中朝大陆板块；II—扬子板块；III₁—下扬子亚板块；III₂—华夏亚板块；A—秦岭—大别山隆起；B—江南隆起；C—古转换断裂；D—华夏亚板块斜向仰冲西部边界断裂；E—350Ma 前的绿岩；硅质岩隆起基底

动。如中生代南岭花岗岩主要分布在边界带以东，J₃—K 的英安流纹岩类大规模火山作用发生在这条边界东侧。从而证明这条边界构造带是岩石圈板块的边界，一直深切至下地壳或上地幔。重力场也沿此形成东高西低两部分：东侧区域重力场明显升高，强度在 +20 毫伽左右；西侧重力场降低，强度最大为 -40 毫伽。