

652829

海相黑色页岩建造 地球化学与成矿意义

张爱云 伍大茂 著
郭丽娜 王云龙

科学出版社

海相黑色页岩建造地球化学 与 成 矿 意 义

张爱云 伍大茂 郭丽娜 王云龙 著

科 学 出 版 社

1987

内 容 简 介

本书是关于海相黑色页岩建造的一本专著,是在“六五”期间完成的科研成果的基础上编写的。1—6章论述了形成黑色页岩的地质背景及沉积环境、建造的沉积特征、古生物组合、有机显微组分和成矿作用。7—10章论述了黑色页岩及碳沥青的有机地球化学特征、生物标志物以及建造的生气潜力。11—13章介绍了伴生元素及矿产。14—15章介绍了控矿条件及找矿方向。

本书可供从事煤、石油、金属矿产、沉积地球化学勘探及研究的科技人员、古生物工作者,以及有关专业的大中专院校师生参考。

海相黑色页岩建造地球化学 与 成 矿 意 义

张爱云 伍大茂 郭丽娜 王云龙 著

责任编辑 周明鉴

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1987年12月第一版 开本:787×1092 1/16

1987年12月第一次印刷 印张:14 3/4 插页:6

印数:0001—1,500 字数:336,000

ISBN 7-03-000139-7/P·21

统一书号:13031·3932

定价:4.30元



前 言

“中国南方早古生代黑色页岩建造地球化学特征与成矿意义”系地质矿产部“六五”期间地质科学技术发展计划中的研究项目，由武汉地质学院北京研究生部张爱云负责，于1985年完成。该成果经由王鸿祯、陈发景、张本仁、杨国峰、金奎励、周明鉴、王煦曾、卢松年、赵仑山组成的评审委员会进行评审，认为该项成果应用多种学科进行综合研究，对黑色页岩建造有机地球化学、多金属元素的地球化学、生物组合和生物成矿等进行研究取得了有创见性的结论，对生产、科研、教学都有重要的参考价值，建议推荐出版。

本书初稿即是该研究项目的成果，由张爱云主编，张爱云、伍大茂、郭丽娜、王云龙分工执笔撰写：

引言 张爱云

第一至第六章 张爱云 郭丽娜 伍大茂

第七至第十章 郭丽娜 张爱云 王云龙 伍大茂

第十一至第十三章 伍大茂 张爱云

第十四至第十五章 张爱云

初稿经武汉地质学院刘本培、张本仁和中国科学院地球化学研究所傅家谟再次进行认真审查，提出了很多宝贵的意见。根据外审和内审的意见和建议，张爱云负责对全书的体系和内容统一进行编纂和修改。

在野外工作、采样、室内研究、测试分析和资料搜集期间，得到了湖北杨家堡钒矿、湖南、湖北、贵州、浙江、安徽、广西、陕西地质矿产局所属有关单位、中国地质科学院矿床研究所和综合利用研究所、煤炭科学研究院地质勘探分院、湖南冶金研究所、湖南冶金地质研究所、中国科学院药物研究所植物化学室、二机部中南地质勘探局309大队、大庆油田石油勘探开发研究院实验室、石油工业部石油勘探开发研究院、南海水产研究所、厦门大学、厦门水产学院、国家海洋局第三研究所、地质矿产部北方煤炭测试中心，以及武汉地质学院北京研究生部X光室、电镜室、照相室、资料室和图书馆等单位领导和许多同志的支持和协助；曹添、张本仁、陈发景、卢松年、赵仑山等都曾对研究工作提出过宝贵的意见，蔡云开、初志民、王兰、黄金稚也帮助做了一些具体的工作，在此一并致以衷心的感谢。

由于我们的水平有限，实践经验不足，加之时间仓促，本书肯定还会存在不少问题，恳请批评指正。

作 者

1986年10月20日

引 言

“黑色页岩”是海相富含有机质的细粒沉积岩的总称,包括颜色自深灰色到黑色的各种页岩、硅质岩、粉砂岩以及少量含碳酸岩的岩石。黑色页岩之所以引起许多地球化学、地层古生物学、矿物学、煤地质学、石油地质学、放射性元素地质学、构造地质学等多种学科专家们的重视和兴趣,是因为黑色页岩常常是多金属元素的富集层,如中欧曼斯菲尔德的含铜页岩(二叠纪)、澳大利亚的富集铅锌的蒙特页岩、美国肯塔基的黑色页岩型铀矿床(前寒武纪)、美国堪萨斯的含金和银的黑色页岩(白垩纪)以及我国黑色页岩型的钒矿床和镍钼矿床(早寒武世)等。同时,黑色页岩中含碳量高达15%以上,发热量可达3347.2J/g以上的又称为石煤,可作为低热值燃料利用。黑色页岩作为稀有金属的富集层或异常富集体的矿源层所具有的明显的经济价值促使各学科专家们对之进行了持续不断的研究,如煤炭科学院地质勘探分院对南方各省的石煤资源进行了综合考察;范德廉、刘德汉等曾对黑色页岩中以Ni、Mo为主的伴生元素的赋存状态和分布特征进行了专题研究;卢衍豪教授专门就生物地层与成矿关系进行了探讨;我们曾就黑色页岩的物质成分及V、Ni、Mo、Cu、Ag、Au、Pt、Pd、Se等伴生元素的赋存状态等方面进行过研究。然而,对黑色页岩建造的形成条件、成矿规律和生油气潜力方面的系统研究还不多见。为了探索黑色页岩建造的形成机理与成矿规律,我们从以下几个方面进行了进一步的研究工作:

建造的沉积特征和形成条件;

黑色页岩中生物组合、生物化学特征与成矿的物质基础;

早古生代海相沉积有机质的有机显微组分的划分类型和生物与矿产的关系;

有利于海相分散有机质沉积、聚集与保存的古地理、古构造条件和成矿物质的富集作用;

有机质演化和石煤、碳沥青、(油)气的成因联系及元素的迁移富集;

有机地球化学特征和生(油)气潜力;

石煤、腐泥煤、碳沥青与磷块岩的物质组成、分布规律和评价指标;

V、Ni、Mo及其伴生元素的地球化学、赋存状态与分布;

板块构造、古地理、古构造、生物元素组合与建造的展布关系、控矿条件和找矿方向。

通过研究,我们进一步了解了黑色页岩建造的成因,煤(包括石煤、腐泥煤)、油(包括碳沥青)、气和多种金属元素之间的共生规律和内在联系;摸索了适用于古老的黑色页岩的有机质演化阶段的评价指标;查明了黑色页岩原始有机质的来源——蓝藻与被囊动物尾海鞘的生物组合;发现了动物型的有机显微组分——被囊;提出了古老的黑色页岩的有机显微组分的划分与类型;首次在古老的黑色页岩与碳沥青中鉴定出了多种生物标志化合物并探讨了其地质意义;指出了早寒武世黑色页岩建造分布区内生(油)气潜力较好的远景区;总结了黑色页岩中钒镍钼及其伴生元素的赋存状态、地球化学特征与分布规律。

上述问题的研究与总结,为黑色页岩建造成矿意义的探讨,矿产的综合评价和综合利用提供了依据;为生物成矿理论研究提供了实例,为高演化程度的黑色页岩的有机地球化

学特征的研究提供了参数;为生物演化的研究提供了线索。

研究成果表明,黑色页岩中含有大量有机质和 V、Ni、Mo、U、Cu、Pb、Zn、Ag、Au、Pt 族、Cr、Y、Se、稀土等几十种金属元素,作为含煤岩系、(油)气源岩岩系,多金属矿层或矿源层,是潜在的矿产资源。上述研究成果,对我国各时代的黑色页岩进行全面系统地研究,也具有重要意义。

目 录

前言	
引言	v
第一章 地质背景	1
第一节 地层划分与对比	1
第二节 构造分区	1
第三节 中国南方早寒武世古地理	10
第四节 岩浆活动	11
第二章 沉积特征与沉积环境	13
第一节 岩石类型	13
第二节 成因标志	19
第三节 沉积特征	22
第四节 黑色页岩建造的分布	25
第五节 伴生元素的组合与分布	29
第六节 沉积环境	30
第三章 古生物组合	34
第一节 细菌	34
第二节 蓝藻	36
第三节 浮游动物——被囊动物古尾海鞘	37
第四节 其它生物	39
第四章 有机显微组分	40
第一节 划分	40
第二节 特征	41
第三节 组合与分布	43
第四节 生物化学特征与成因	45
第五章 形成条件	48
第一节 物源分析	48
第二节 水体的物理化学条件	54
第三节 建造形成中的生物地球化学	57
第四节 建造形成条件	61
第六章 成矿作用	63
第一节 生物成矿作用	63
第二节 有机质演化与可燃有机矿产形成	67
第三节 成岩-变质作用与黑色页岩中金属元素的迁移与富集	69
第四节 黑色页岩型次生富集矿床	71
第七章 黑色页岩有机地球化学特征	72
第一节 有机碳含量	72
第二节 可溶有机质丰度与族组成	73

第三节 有机质结构组成	76
第四节 稳定碳同位素特征	81
第八章 生物标志化合物	86
第一节 正烷烃与异戊间二烯类烷烃	86
第二节 甾、萜类	91
第三节 叶啉类	100
第九章 碳沥青有机地球化学特征	107
第一节 有机质丰度与组成	107
第二节 红外光谱特征	108
第三节 生物标志化合物	108
第四节 碳沥青形成过程探讨	115
第十章 建造生气潜力	117
第一节 有机质演化阶段	117
第二节 油气形成史分析	121
第三节 岩样热解-气相色谱分析	125
第四节 生气潜力	135
第十一章 元素含量与分布	139
第十二章 共生矿产	143
第一节 磷	143
第二节 石煤-腐泥无烟煤	147
第三节 碳沥青	154
第十三章 伴生元素	161
第一节 钒	161
第二节 镍、钼	172
第三节 铜、锌、镉	186
第四节 铀、钍、稀土元素	192
第五节 硒、铈、铕	197
第六节 贵金属元素	203
第七节 矿石矿物生成阶段及成因标志	206
第十四章 地质-生物控矿条件与找矿方向	209
第一节 板块构造与黑色页岩建造	209
第二节 构造演化与黑色页岩建造	210
第三节 生物的分布与建造的元素组合	212
第四节 矿床类型与找矿方向	215
第十五章 结论	220
参考文献	223

第一章 地质背景

我国南方早古生代地层的区域分布和发育，围绕着扬子区，可以划分为四个地层分区，即扬子区、江南区、东南区和秦岭区（图 1-1）。构造区划上，相应地分属于扬子准地台、华南褶皱带和南秦岭褶皱带。现将各区的区域地质特征简要概括于表 1-1。

表 1-1 区域地质特征简表

地层分区	构造分区	沉积分区	沉积类型	沉积环境	海水深度	黑色页岩建造沉积特征	剖面位置
扬子区	扬子准地台	扬子区	稳定型	陆架海	滨浅海	以钙质泥质为主，底部有碳泥质岩类和磷矿层；外缘以硅、碳泥质岩为主，含磷结核	湖北崇阳、浙江建德、湘西大庸、黔东镇远、湘中益阳、湘北岳阳
		扬子外缘区	过渡型	边缘海	滨浅海 深浅海		
江南区	华南褶皱带	江南区	过渡型	边缘海	浅海 半深海	以硅质碳质泥质岩类为主，夹少量钙质沉积并含磷结核	
东南区		东南区	活动型	边缘海	半深海	为碎屑泥质类复理石沉积，夹黑色页岩	
秦岭区	南秦岭褶皱带	秦岭区	过渡型	海槽	半深海	以硅质、碳质、泥质岩类为主，夹少量钙质沉积与磷结核	中带：均县；南带：陕南、竹山、竹溪
项礼文等，1981	黄汲清，1974	王鸿祯等，1980				本 文	

第一节 地层划分与对比

由于剖面所处大地构造位置不同，地层区划不同，早寒武世地层层组划分与名称各不相同，其间对比关系见表 1-2，各地代表性剖面相互之间及其与邻区的地层柱状对比见图 1-2。

第二节 构造分区

我国南方主要构造单元的划分是根据各区地壳活动的性质差异及由强烈活动向相对稳定发展转化时间上的不均一性。黑色页岩建造的形成和分布受控于大地构造单元，黑色页岩建造的演化、油气的形成与分布、矿床类型与性质也无不受控于所在构造单元的地质经历。主要构造单元划分见图 1-3。

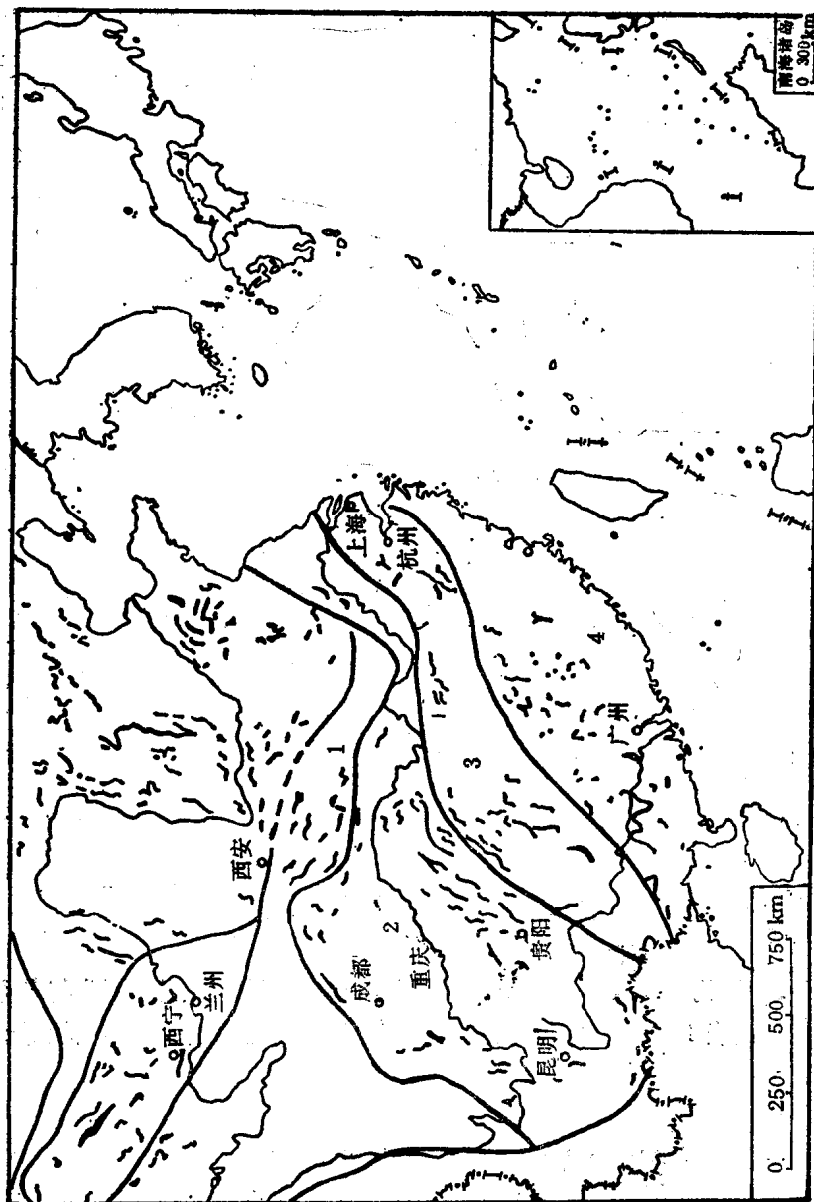


图 1-1 中国南方寒武系分区与露头分布图
(项礼文等, 1981)

1. 秦岭区 2. 扬子区 3. 江南区 4. 东南区

表 1-2 中国南方寒武系划分与对比简表 (项礼文等, 1981)

地层大区		时代		年代地层单位		华北区		秦岭区		扬子区						江南区				东 南 区					
						凤山组	长山组	崮山组	张夏组	徐庄组	毛庄组	馒头组	辛集组	中秦岭分区	南秦岭分区	黔北	三峡	滇东南	武陵山西侧分区	下扬子分区	琅琊山分区	湘西黔东	资水-修水-浙西	三都-邵阳	大新-祁东
晚寒武世	凤山阶	凤山组	蜈蚣岭组	八仙街组						毛田组	博菜田组	唐家坝组	歇场组	车桶水组	观音台组	车桶水组	琅琊山组	比条组	西阳山组	三都组			大屋地组	八村群上亚群	水口群
	长山阶	长山组								后坝组				榔榔山组									—?—		
	崮山阶	崮山组												龙蟠组					华严寺组	杨家湾组					
中寒武世	张夏阶	张夏组		庙子坝组						平井组	龙哈组	田蓬组		花桥组			杨柳岗组			都柳江组			六坡组	八村群中亚群	高滩群
	徐庄阶	徐庄组								石冷水组				敖溪组											
	毛庄阶	毛庄组								高台组	大丫口组														
早寒武世	龙王庙阶	馒头组		箭竹坝组						清虚洞组	石龙洞组	天河板组	石牌组	水井沱组						大陈岭组			清溪组	八村群下亚群	牛角河群
	沧浪铺阶	辛集组								金顶山组	明心寺组	牛蹄塘组							把榔组	“明心”寺组	荷塘组	渣拉沟组			
	筇竹寺阶			鲁家坪组															杨家坪组						
下伏地层	梅树村阶			烟岭河群 (Pre-C)															灯影组						

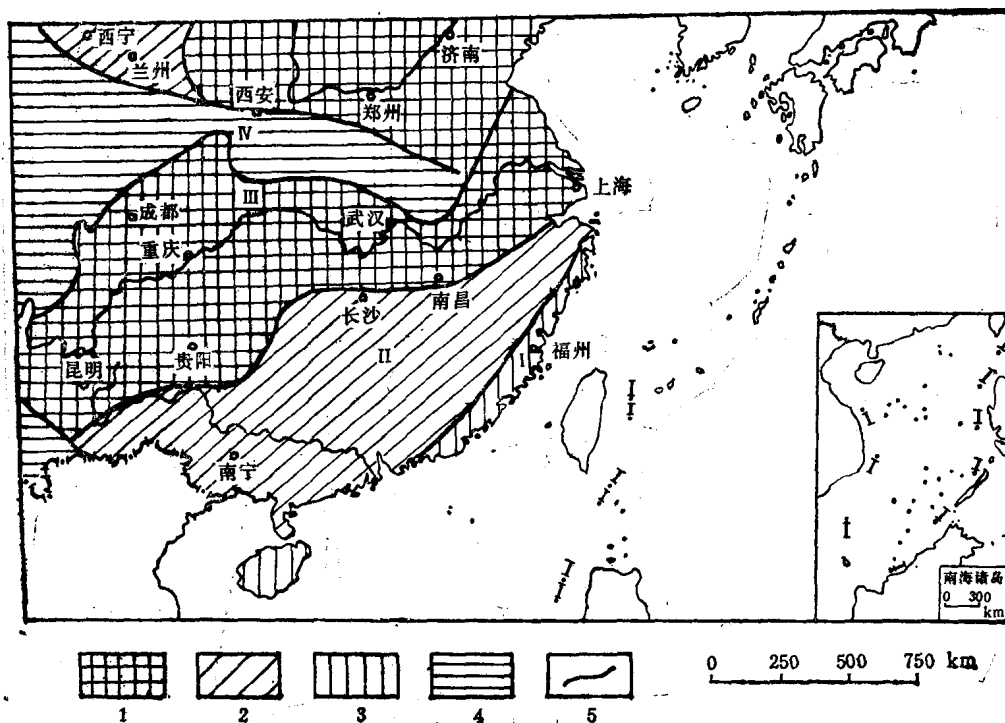


图 1-3 中国南方大地构造分区图

- I. 东南沿海褶皱系 II. 华南褶皱系 III. 扬子地台 IV. 秦岭褶皱系 1. 地台 2. 加里东褶皱系
3. 华力西褶皱系 4. 印支褶皱系 5. 一级构造单元界线

一、秦岭褶皱系

秦岭地槽褶皱系在震旦纪—三叠纪期间具地槽活动特征,经加里东、华力西、印支构造旋回逐渐褶皱回返,至三叠纪末结束地槽活动,转化为褶皱系。地槽内部形成了发展经历各不相同的隆起带和沉降带。

1. 隆起带

武当-淮阳隆起带,由元古代地层组成,包括深变质的片岩、火山岩和超基性、基性火山岩。前震旦纪末期隆起成为秦岭东段一个活动性极大的地背斜型的隆起带。

2. 沉降带

由北而南分为秦岭扬子褶皱带、北秦岭华力西褶皱带、东秦岭印支褶皱带、西秦岭印支褶皱带和南秦岭加里东褶皱带。秦岭扬子褶皱带是一个由华北蓟县型震旦纪地层组成的扬子旋回褶皱带。南秦岭加里东褶皱带,位于秦岭地槽褶皱系最南缘,以龙门山、大巴山深断裂与扬子地台为界,北界为安康-房县大断裂,早古生代强烈拗陷,沉积了厚逾万米的优地槽型建造,并有大量基性岩浆喷发和侵入,加里东运动期地槽封闭。东秦岭印支褶皱

1) 成都地质学院区域地质教研室, 1984。

带,指微成盆地以东地区,由华南型震旦纪至三叠纪冒地槽沉积组成,以碎屑岩和碳酸盐岩建造为主。西秦岭印支褶皱带,指微成盆地以西地区,发育了厚近 8,000m 的泥盆纪至三叠纪地槽型沉积,为复理石建造,印支运动期封闭。北秦岭华力西褶皱带主要由晚古生代冒地槽沉积组成。秦岭地槽褶皱系东段构造分区见图 1-4。浙川,均县、郧西一带黑色页岩建造分布于南秦岭褶皱带北带;竹山、竹溪、安康、紫阳一带黑色页岩建造分布于南秦岭褶皱带南带。

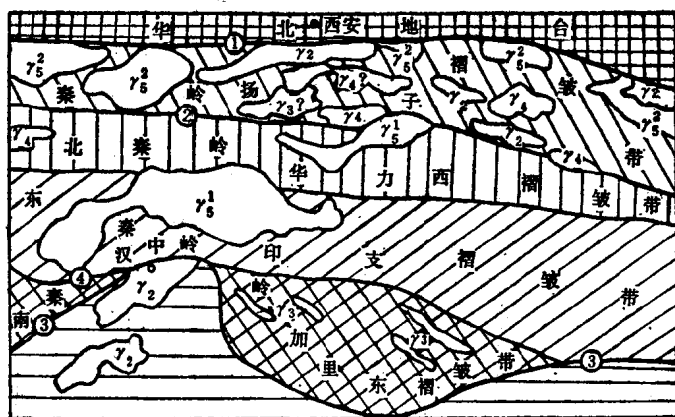


图 1-4 秦岭地槽褶皱系东段构造分区图

(黄汲清, 1974)

①秦岭地轴北缘深断裂 ②秦岭地轴南缘深断裂 ③龙门山大巴山深断裂 ④
玛沁略阳深断裂 γ_2 : 扬子旋回花岗岩 γ_3 : 加里东花岗岩 γ_4 : 华力西花岗
岩 γ_5 : 印支花岗岩 γ_5^2 : 燕山花岗岩

二、扬子准地台

根据地台内部差异升降、盖层发育及后期构造变动特征,可以划分为以下几个次级大地构造单元:(1)盐源丽江台缘褶皱带;(2)扬子地台北缘褶皱带(相当于龙门山-南大巴山台褶带);(3)四川台向斜;(4)康滇地轴;(5)滇黔褶皱区(大致相当于滇东台褶带与黔中南台向斜);(6)八面山褶皱带(大体相当于鄂黔台褶带);(7)江汉拗陷;(8)江南地轴;(9)下扬子褶皱带;(10)钱塘褶皱带;(11)苏北拗陷和南黄海;(12)淮阳地块(图 1-5)。现简述于下:

1. 隆起带

(1) 康滇地轴 主要由元古代早期变质较深的富钠质火山岩建造和晚期的浅变质碎屑岩夹碳酸盐岩,局部夹基性及中酸性火山岩组成。震旦纪一中三叠世时期是长期隆起地带。

(2) 江南地轴 由元古代的浅变质岩系组成。即由早期的复理石建造和细碧角斑岩建造,晚期的砂泥质复理石建造组成。是一个活动的隆起带。

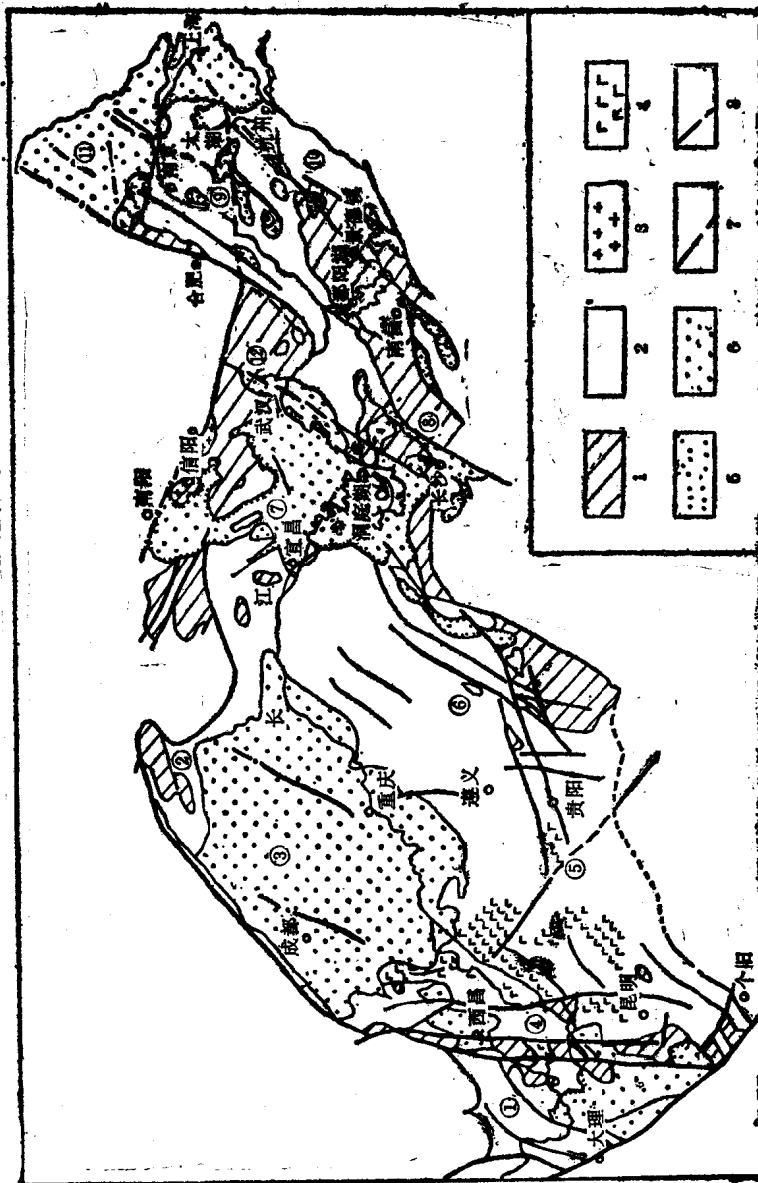


图 1-5 扬子准地台大地构造略图

(黄汲清, 1974)

1. 扬子及更老的褶皱 2. 扬子地台盖层 3. 花岗岩体 4. 玄武岩 5. 火山岩系 6. 中生代陆相沉积盆地 7. 深断裂及推测
 深断裂 8. 寒武纪或推前区域性大断裂 ① 盐源至江台缘褶皱带 ② 扬子地台北缘褶皱带 ③ 四川台向斜 ④ 康滇地轴 ⑤ 滇
 黔褶皱区 ⑥ 八面山褶皱带 ⑦ 江汉拗陷 ⑧ 江南地轴 ⑨ 下扬子褶皱带 ⑩ 钱塘褶皱带 ⑪ 苏北拗陷和南黄海 ⑫ 淮阳地块

2. 拗褶带

分布于康滇地轴东西两侧和川中古陆核的南北两缘,包括盐源丽江台缘褶皱带,扬子地台北缘褶皱带,滇黔褶断区。印支运动前都是拗陷带。印支运动对地台周缘影响强烈,黔中南区上升为陆。燕山运动对地台全区均有强烈影响,主要形成开阔平缓的短轴褶曲和穹窿构造。

扬子地台的东南边缘,分布有一系列台缘拗褶带。从西南向东北依次为八面山褶皱带,下扬子褶皱带,钱塘褶皱带。早古生代时均为明显的拗陷带,普遍形成了黑色页岩建造。印支运动之后出现分异。鄂黔区印支运动全部上升为陆,燕山运动全面褶皱,以箱状褶皱为主。下扬子区经受印支、燕山运动形成结构复杂的盖层褶皱带。浙西皖南区印支运动全面褶皱,燕山与喜马拉雅运动以断裂及岩浆活动为主。

三、华南褶皱带

华南加里东褶皱带经历复杂,经加里东运动褶皱回返形成褶皱系之后,与扬子地台合

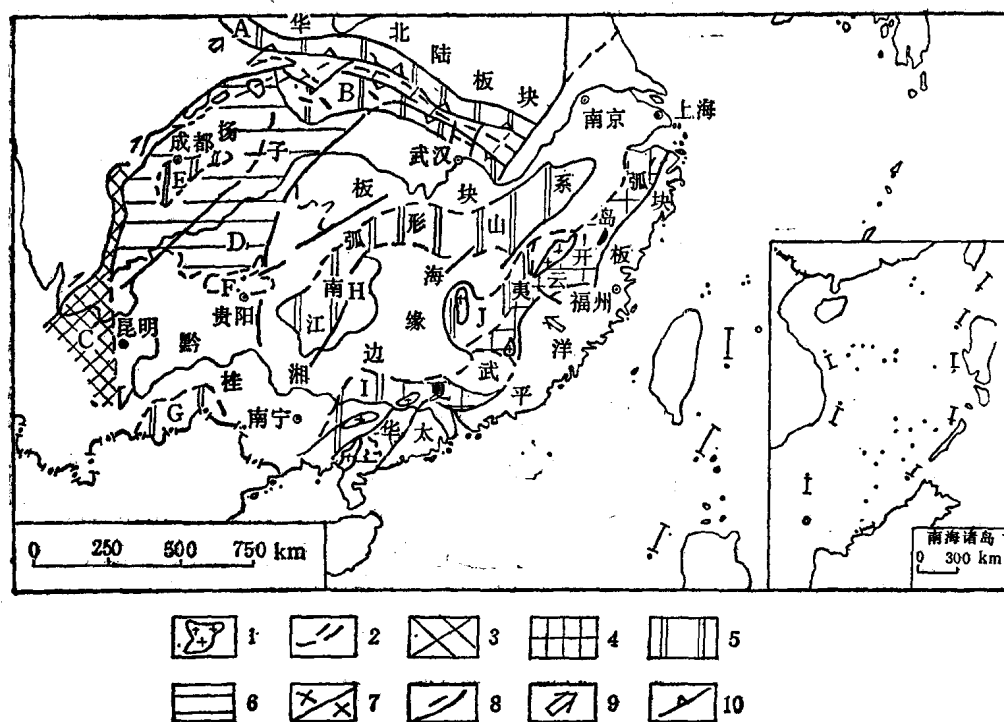


图 1-6 中国南方加里东期板块构造图

(罗志立, 1979)

1. 花岗岩体 2. 基性岩体 3. 板内古岛链 4. 岛弧 5. 晚期隆起或山系 6. 板内隆起 7. 推测的海洋中脊及扩张方向 8. 推测的转换断层或扭动断层 9. 推测的转换断层及消减的方向 10. 板块俯冲消减带
A. 祁连—南秦岭山系 B. 大巴山—应山山系 C. 康滇—龙门山岛链 D. 川东南断阶 E. 乐山—龙女寺隆起 F. 黔中隆起 G. 滇东南隆起 H. 湘西隆起 I. 大瑶山隆起 J. 赣南隆起