

长江中下游中生代陆相盆地 演化与成矿作用

CHANG JIANG ZHONG XIA YOU ZHONG SHENG DAI LU XIANG PEN DI
YAN HUA YU CHENG KUANG ZUO YONG

倪若水 吴其切 岳文浙 张德宝 王华田 等著

上海科学技术文献出版社



长江中下游中生代陆相盆地 演化与成矿作用

倪若水 吴其切 岳文浙
张德宝 王华田 等著

上海科学技术文献出版社

前 言

《长江中下游中生代陆相盆地演化与构造成矿作用》是“八五”国家科技攻关项目:《紧缺矿产勘查与评价研究》下属专题的研究成果。通过长江中下游中生代陆盆的形成、演化及其与成矿关系的研究,寻找与沉积矿产形成有利的层段和地区,为找矿预测提供基础资料、开拓铜金多金属等接替资源的新思路 and 提供新的领域。本书包含了该项成果的主要内容:(1)对现有陆盆的形态和特征(盆地沉积相、生物群、古气候、古地理以及控制盆地形成和演化的构造因素等)进行全面的阐述;(2)采用构造—沉积历史分析恢复原生面貌以及陆盆的形成、发展和衰亡等演化过程;(3)盆地演化与成矿作用及其对燕山期叠加矿化的意义。

中生代盆地是中国地质的重要特色。当代盆地的研究工作取得了不断的进展,朱夏、王鸿祯、张文佑等的研究成果,具有重大的学术指导意义。在新思维的推动下,在前人的工作基础上,我们的研究工作重点突出以下几个方面:

1. 沉积学的研究以实测岩相剖面为主,全面开展野外工作和室内鉴定测试,分别对东片区(宁镇)、中片区(皖中)和西片区(鄂东南)的各断代中生代地层,开展沉积岩相的研究工作,共实测 14 条岩相剖面,首次对中生代陆相盆地的充填作用、沉积类型、构造沉积环境进行了系统分析,提供了内容丰富翔实的资料,为盆地分析奠定扎实的基础。

2. 盆地构造和动力学的研究,通过区域性控盆构造剖面的观察研究;地层层序界面和各观察点应力测量统计分析;收集大量井下资料,在此基础上综合分析陆盆边界和基底性质对盆地演化的控制作用,各构造旋回盆地演化的动力机制。首次编制了本区南象运动界面古构造图。

3. 对生物地层的研究更加完善了本区中生代地层序;生物群落特征的研究,为盆地分析提供古气候、古环境方面的证据。

4. 在火山盆地研究方面,系统收集宁芜、庐枞、溧阳、溧水、上党、黟山、繁昌、怀宁、金保等 9 个火山岩盆地的资料,根据火山岩时空分析、岩石组合及岩石化学等特征,综合分析盆地性质、火山活动旋回及岩浆演化;探讨火山作用与深部动力学的成因机理及其与成矿作用的关系。

5. 成矿作用的研究紧密结合盆地分析,根据盆地演化和构造—沉积环境,划分三叠纪海退序列的各种含矿建造;剖析南象运动界面上早侏罗世南象山组砂岩铀矿床特征、形成条件及成因机理;综合分析晚侏罗—早白垩世火山洼地成矿作用,以及晚白垩世拉张断陷盆地的膏盐矿床。重点解剖庐枞盆地龙桥铁矿床,通过大量岩矿、地球化学及生物地层等研究成果,重新厘定了赋矿层位的时代和沉积类型,合理地解释矿床成因,开拓了新的找矿思路。根据盆地分析,重视成矿流体的作用,结合地层中成矿元素的分配特征,对 Pb, Zn, Au 等有利层位和找矿前景进行了分析。

研究工作自 1991 年 7 月开始,1992 年至 1994 年开展野外工作和室内综合研究,1995

年提交报告,并经地质矿产部组织由涂光炽、张炳熹、宋叔和、王鸿祯、郭令智院士等 15 位鉴定委员会的评审。鉴定意见认为成果资料翔实,立论有据,具有新的思路和认识,对本区进一步寻找沉积矿产提供了丰富的基础资料和一定的理论依据,达到了国内领先水平。

本书是集体研究成果,由倪若水、吴其切、岳文浙、张德宝、王华田等分工编写,由吴其切统编,全书最后由倪若水编纂审定。图由蓝善先、胡存礼编制,先后参加工作的还有杨文达、魏乃颐、张洪石等。全书约 20 万字,图 63 幅、表 23 张、照片 32 幅。

本项成果是在常印佛院士等课题负责人的支持和指导下完成的。本书的出版得到南京地质矿产研究所科技开发部的赞助和隋增震研究员的支持。野外地质调查工作和区域基础资料的收集过程,得到苏、皖、鄂、赣等省地矿局的大力协助,本书除后列文献外还引用南京地矿所内部资料和未刊资料,图件由臧玉英工程师清绘,谨此深表感谢。

倪若水

1996 年定稿于南京地质矿产研究所

目 录

第一章 中生代陆相地层划分与对比	吴其切(1)
第一节 三叠系划分与对比	(1)
第二节 侏罗系划分与对比	(3)
第三节 白垩系划分与对比	(5)
第二章 区域构造	张德宝(7)
第一节 中生代陆相盆地的基底性质	(7)
第二节 中生代陆盆的基底及周边构造特征	(9)
第三章 三叠纪陆盆形成机制及演化特征	(10)
第一节 中三叠世海陆变迁和陆海分布格局	吴其切(10)
第二节 中晚三叠世沉积相与沉积体系	岳文浙(11)
第三节 中晚三叠世盆地性质与演化特征	吴其切、张德宝(21)
第四章 侏罗纪盆地形成、发展及演化	(25)
第一节 早中侏罗世沉积相与沉积体系	岳文浙(25)
第二节 早中侏罗世盆地性质与演化特征	吴其切、张德宝(33)
第五章 晚侏罗—早白垩世火山—沉积盆地及其演化	(38)
第一节 火山岩盆地的形成、特征及其演化	王华田(38)
第二节 晚侏罗—早白垩世沉积相与沉积体系	岳文浙(51)
第三节 晚侏罗—早白垩世盆地性质与演化特征	吴其切、张德宝(64)
第六章 晚白垩世盆地形成、发展及演化	(68)
第一节 晚白垩世沉积相与沉积体系	岳文浙(68)
第二节 晚白垩世盆地性质与演化特征	吴其切、张德宝(80)
第七章 中三叠世至晚白垩世盆地演化	张德宝、吴其切(82)
第一节 不同成盆期应力性质与演化	(82)
第二节 中三叠世至晚白垩世盆地演化	(85)

第八章 中生代陆相盆地演化与成矿作用	(88)
第一节 中生代地层成矿元素丰度	倪若水(88)
第二节 三叠纪海退序列盆地演化与含矿建造	倪若水(91)
第三节 南象运动界面上早侏罗世南象山组底部的砂岩铀矿	倪若水(97)
第四节 火山作用与成矿作用的关系	王华田(99)
第五节 晚白垩世拉分断陷盆地膏盐建造	倪若水(103)
第六节 盆地演化与多阶段成矿作用	倪若水(104)
结语	吴其切(109)
参考文献	(110)
附 图版及说明	(113)

第一章 中生代陆相地层划分与对比

长江中下游中生代陆相地层发育,据岩性、生物群组合特征,各地区可以对比,但地层名称因地而异。综合各方面的研究资料,作如表 1 的划分与对比。

表 1 长江中下游中生代陆相地层划分与对比

地 区 层 序		中 下 扬 子 区				
		南京—芜湖		安庆—庐江		蒲圻—大冶
白 垩 系	上 统	赤 山 组		高河埠组	K ₂ —E	东 湖 群
		浦 口 组				
	下 统	葛 村 组	娘 娘 山 组	杨 湾 组	太 和 组	
杨 冲 组	姑 山 组					
侏 罗 系	上 统	西横山组	大 王 山 组	双 庙 组	大 寺 组	
			云 合 山 组	砖 桥 组	灵 乡 组	
			龙 王 山 组	龙 门 院 组	马 架 山 组	
	中 统	朱 村 组	罗 岭 组	花 家 湖 群		
	北 象 山 组					
下 统	南 象 山 组		磨 山 组	武 昌 组		
三 叠 系	上 统	范家塘组		拉犁尖组	鸡公山组	
	中 统	黄马青组		铜头尖组	蒲 圻 组	
				马 山 桥 组	陆水河组上段	
		周冲村组	东马鞍山组	陆水河组下段		

第一节 三叠系划分与对比

一、中统

本区中三叠世陆相地层包括宁镇区的黄马青组、安庆区的马山桥组(或月山组)和铜头尖组、鄂东南区的蒲圻组等。宁镇区主要出露于镇江、茅山以西,二顶山、龙洞山以东和长江以南;安庆区主要集中分布在怀宁—月山一带;鄂东南区以鄂南蒲圻出露最全。

黄马青组或相当地层的涵义指位于周冲村组(或东马鞍山组)之上、范家塘组(或拉犁尖组)之下一套紫红色碎屑岩,下部显杂色。根据岩相和古生物群特征,本组可以进一步划分为上下段。下段为杂色层;上段紫红色碎屑岩。杂色层内含海相和半咸水动物化石,并与陆生

植物化石共生,反映海陆过渡特征。有些古生物地层专家将杂色层独立建组,例如宁镇区的仙鹤门组(吴瑞棠,1978);怀宁—月山区的马山桥组(南京地质矿产研究所,1977);鄂东南区的陆水河组上段(张仁杰等,1982)。

下段(杂色层):由灰绿、灰黄、浅紫色钙质粉砂岩和砂质泥岩夹泥灰岩组成。通常厚度26—45m。综合各地杂色层化石资料,有海相化石腕足类 *Lingula* 和叶虾类 *Yangzicaris xiangiensis*;半咸水化石双壳类 *Mytilus*, *Bakevella*;淡水化石叶肢介 *Xiangxiella becostata*, *Protomonocarina sinensis* 和 *Euestheria*;植物化石 *Danaeopsis fecunda* 和 *Annalepis zeilleri*。

据产叶虾类化石的粉砂质泥岩的硼元素测定,硼元素含量达300ppm*,表明是海水环境(陈楚震等,1988)。杂色层的厚度向西递增,到皖中的马山桥组最厚达二百多米。再西到鄂西香溪地区,杂色层与滨海相巴东组对比。

上段:主要由紫红色碎屑岩组成,夹灰绿色粉砂岩,钙质结核和遗迹虫管发育。向上砂岩增多,中部或中下部常发育一层或多层含铜砂岩。粉砂岩中产丰富的微体古生物化石,常见的门类有介形类、双壳类及轮藻等。介形类以 *Darwinula* 为主,大多数新种;轮藻以 *Stellatochara* 和 *Stenochara* 为主,并见 *Cuneatochara*, *Porochara*, *Porosphaera* 等;植物 *Annalepis zeilleri* 等。

在怀宁—月山地区上段紫红色碎屑岩内还发现半咸水双壳类 *Bakevella*, *Mytilus* 等化石与淡水化石共生。

黄马青组上段或相当地层产以轮藻 *Stellatochara-Stenochara* 组合及石松类植物 *Annalepis* 等为特征的生物群,在国内外都属于中三叠世的面貌。下段杂色层与上段紫红色碎屑岩呈渐变过渡关系,半咸水双壳类从下段延伸到上段,石松类植物 *Annalepis* 在上下段岩层中都有发现,因此黄马青组下段杂色层的地质时代与上段紫红色碎屑岩大致相同,属于中三叠世拉丁期。

扬子区黄马青组或相当地层与邻区可以对比,例如江西万载地区的杨家群,产植物 *Neocalamites*, 叶肢介 *Protomonocarina*, *Euestheria* 及海相双壳类 *Plagiostoma*。福建中部的安仁群,产植物 *Neocalamites*。粤北的黄盆群,产植物 *Neocalamites*, 双壳类 *Mytilus* 和叶肢介。这些地层大多是紫红色碎屑岩,它们都位于上三叠统含煤地层之下,下三叠统岩层之上。据岩性、层序及所含生物群面貌与扬子区黄马青组或相当地层可以对比。

黄马青组创名较早,研究详细,地层出露较全,可以代表本区中三叠世陆相地层,是区内最早的中生代陆相沉积地层单元。

二、上统

本区晚三叠世地层包括宁镇区的范家塘组、皖中区的拉犁尖组及鄂东南区的鸡公山组。它们共同特征是含煤地层。宁镇区分布比较局限,主要集中在栖霞—龙潭地区,向西到钟山厚度减薄。范家塘组由灰、深灰、黑色细砂岩、粉砂岩、泥岩、炭质页岩夹煤层组成。综合各家研究资料,范家塘组含植物化石70多种,属于 *Dictyophyllum-Clathropteris* 植物群。共生化石有双壳类,以淡水类型为主,常见的化石: *Sibireconcha*, *Unio* 及 *Tutuella* 等,厚230m。最近在常熟梅李地区据煤田勘探资料,井下也有范家塘组发现,厚约80m,产植物 *Todites*,

* ppm 为百万分率,以后出现的 ppb 为十亿分率——编者注

Shensiensis, *Sinoctens calophylla*, *Doractophyllum hsuchiahoense* 等和半咸水双壳类 *Modiolus*?

怀宁一月山区的拉犁尖组,也是含煤地层,岩性与范家塘组的相似,厚 48m,产 *Neoealamites carrevei*, *Equisetites* cf. *sarranii*; 双壳类 *Modiolus*? 到鄂东南大冶—蒲圻地区上三叠统含煤层称为鸡公山组(原武昌群下煤组),其岩性和古生物群特征与范家塘组或拉犁尖组的相似,彼此可以比较,但鸡公山组底部常见一层砾岩,与下伏蒲圻组呈假整合,向北到鄂城地区鸡公山组的底砾岩消失,变成砂岩,与下伏蒲圻组呈整合接触。这套含煤地区再向西到达鄂西荆当盆地,分成上下两部分,下部称九里岗组,上部称王龙滩组,产较多植物化石 *Dictyophyllum*, *Clathropteris*, *Sinoctenis*, *Drepanozamites* 及延长植物群分子 *Danaeopsis*, *Glossophyllum* 等,上部还产半咸水或海相双壳类 *Bakevellidoes*, *Waagenopena*, *Modiolus* 及淡水种类。

扬子地区上三叠统含煤地层与邻区同时期含煤层可以对比,例如浙江义乌—衢州地区的乌灶组和茶园田组,其中的一些植物化石彼此相同,如 *Todites shensiensis*, *Dictyophyllem* 等。在茶园里组上部见到夹海相双壳类 *Waagonoperna* 的夹层,这些生物群与江西安源组的关系密切。

第二节 侏罗系划分与对比

一、下统

本区早侏罗世地层包括宁镇区及苏北井下的南象山组、皖中区的磨山组及鄂东南区的武昌组(原武昌群上煤组),各地岩性变化不大,互相可以对比。岩性底部砾岩或含砾砂岩,下部中—粗岩屑砂岩、粉砂岩夹页岩和薄煤层,上部灰白、灰黄、黄褐、黄绿色砂岩、粉砂岩夹页岩和煤层。总的特征是下部较粗,含煤性差,上部较细,含煤性好,横向变化不明显。产丰富植物化石 *Ptilophyllum pecten*, *Cladophlebis* sp., *Todites princeps*, *Coniopteris hymenophylloides*, *Podozamites leneolatus* 等;双壳类化石 *Sibireconcha* sp., *Tutuella* cf. *crassa*, *Acyrena* sp., *Pseudocardinia elongatiformis* 等。宁镇区厚 376—680m,苏北井下 >139m,皖中区 649.3—1173.9m,鄂东南区 277—435m。

底砾岩层在区域上分布广泛,层位稳定,它是三叠纪与侏罗纪之间沉积间断的记录,代表印支晚幕构造界面。

根据上述生物群组合特征及层序,南象山组或相当地层的地质时代为早侏罗世。

扬子区南象山组或相当地层与邻区浙江马涧组、皖南屯溪地区月潭组等大致相当,彼此可对比。

南象山组与下伏上三叠统含煤地层通常呈假整合接触,但在沉积盆地边缘,本组常超覆在中三叠世或更老的地层之上,例如南京栖霞山地区南象山组不整合在下二叠统栖霞组之上(另一种意见认为两者为断层接触);在含山地区南象山组超覆不整合在志留纪地层之上;在鄂东南童家镜武昌组不整合于蒲圻组之上。

二、中统

本区中侏罗世地层有宁镇区及苏北井下的北象山组、苏南溧水地区的朱村组、皖中地区

的罗岭组及鄂东南地区的花家湖群。中侏罗统完整的层序包括下部河流相砂岩层,中部湖相沉积特征的杂色层及上部反映河湖相特征的红层等三部分。南京东郊北象山组由下部砂岩及中部杂色层部分组成,厚 611.5m;苏南溧水朱村组以杂色层为主,由灰、灰紫、黄绿色钙质粉砂岩夹泥灰岩组成,产丰富的介形类及轮藻化石,厚 550m;皖中枞阳—含山地区罗岭组或相当地层(如含山组),也以杂色层为主,产各门类化石,通常厚近千米,标准剖面最厚达 2166m,鄂东南区的花家湖群,厚 564—1 038m,据岩性进一步细分为上、中、下三部分。鄂东南地区中侏罗世地层含生物群较少,研究程度较低。

综合苏南及皖中杂色层内的各门类生物群,包括双壳类、叶肢介、介形类、昆虫、轮藻、植物、孢粉及脊椎动物等。其中常见的化石:双壳类 *Lamprotula*, *Pseudocardina* 和 *Cuneopsis*; 叶肢介 *Paranestoria*; 昆虫 *Mesoblattinia* 和 *Orthophlebia*; 介形类 *Darwinula*; 植物 *Coniopteris*, *Cupressinocladus* 和 *Pseudofrenelopsis*; 轮藻 *Euaclistochara* 等。上述生物群是国内典型中侏罗世的面貌。

扬子区中侏罗世地层与邻区浙江渔山尖组、江西罗凹组及皖南洪琴组相当,岩相及生物群特征彼此可以对比。

三、上统

晚侏罗世早中期本区有一次成盆期,即西横山期,它的展布较局限,其范围限于苏南江宁—横溪—小丹阳一线以东、茅山以西的狭窄条带,南端延伸到苏皖边界的高淳石臼湖畔,北边可能进入苏北地带。苏北井下西横山组的层位时代迄今有争议。

标准剖面西横山组岩性底部砾岩,下部灰白、灰色砂砾岩,上部黄绿、浅紫红钙质粉砂岩、泥岩、泥灰岩及砂岩,化石较少,目前发现的有腹足类、植物及孢粉。腹足类 *Bicarinospira depressa*; 植物 *Elatocladus* 和 *Cladophlebis*; 孢粉 *Classopollis* (84%—95%) 等。

采自高淳蛇山剖面西横山组中上部同位素岩样,经中国地质科学院及南京大学地质系(1974)测试(钾氩法),前者获 136Ma,后者获 157Ma。同位素年龄值与生物地层的研究结论大致相符,指示西横山组地质时代为晚侏罗世早中期。

四、上侏罗—下白垩统火山沉积岩群

长江中下游分布许多大小不等的火山断陷盆地,自西而东有金保、怀宁、庐枞、繁昌、宁芜、镇江、溧水、句容、溧阳等火山盆地。盆地内堆积了巨厚的陆相火山—沉积碎屑岩群。在强烈岩浆喷发活动时期,堆积以喷发相为主的火山岩;当火山喷发间歇时期,在火山断陷洼地常常充填河湖相火山碎屑沉积岩。后者含丰富的动植物化石,有双壳类、昆虫、鱼类、腹足类、叶肢介、介形类、植物及孢粉。火山—沉积岩群的厚度一般数百米至三千米,最厚可达五千米。各火山盆地内的岩性、层序及所含的生物群,大致相似,互相可对比,现选其中研究较详细的宁芜、庐枞及金保等三个火山盆地简述如下:

1. 宁芜盆地(由下而上)

龙王山组(717—933m) 粗安岩、粗面岩、安山岩及火山碎屑岩。

云台山组(24—144m) 灰、黄绿色砂页岩夹凝灰质粉砂岩和沉凝灰岩,含叶肢介 *Yangietheria* cf. *sinensis*, *Ortherstheria* cf. *intermedia*; 植物 *Cladophlebis* cf. *browniana*, *Podozamites* sp.; 孢粉 *Classopollis* (82%—90%)。

为了便于区域对比,将云台山组作为独立地层单元。

大王山组(220m) 下段安山岩夹角砾凝灰岩、沉凝灰岩;上段粗面岩、石英粗安岩及火山碎屑岩。

姑山组(105—285m) 下段灰黄色砂泥岩夹火山碎屑岩和铁矿砾石,产叶肢介 *cf. Brachygrapta intermedia*, *cf. Bairdestheria sinensis*;植物 *Desmiophyllum* sp.;孢粉 *Classopollis*(30%左右);上段安山岩、安山质火山碎屑岩夹凝灰质粉砂岩。

娘娘山组(882m) 下段假白榴石响岩、火山碎屑岩;上段黝方石响岩、熔结角砾岩和熔结凝灰岩。

2. 庐枞盆地(由下而上)

龙门院组(124—767m) 下部粗安质角砾凝灰岩夹沉凝灰岩;上部角闪粗安岩夹凝灰岩。

砖桥组(25—87m) 灰白、黄绿、浅紫色凝灰质粉砂岩和火山碎屑岩,含丰富化石,双壳类 *Ferganoconcha subcetra*, *Nakamuraia subrotunda*;介形类 *Damonella cf. zhejiangensis*, *Darwinula legminella* 和 *Cypridea* sp.;植物 *Cladophlebis cf. browniana*, *Brachyllum cf. obesum*, *Ptilophyllum broeale* 及 *Podozamites lanceolatus*;腹足类 *Probaicalia* sp.;孢粉 *Classopollis*(80%)。

双庙组(23—550m) 下部凝灰角砾岩;上部辉石粗面玄武岩、玄武粗安岩夹火山碎屑岩。

3. 金保盆地(由下而上)

马架山组(>810m) 下部砾岩、砂岩和粉砂岩;中部钙质粉砂岩和泥岩,含化石较多,常见的有双壳类 *Sphaerium jeholense*, *Nakamuraia cf. chingshanense*;腹足类 *Probaicalia vitimensis*;介形类 *Cypridea gunsulinensis*;植物 *Cladophlebis heterophylla* 及 *Pseudofrenelopsis parceramosa*;孢粉 *Classopollis*(70%—85%);上部粉砂岩、含砾砂岩夹安山玄武岩。

大寺组(>594m) 下部安山岩夹玄武岩;中部酸性凝灰岩;上部斜长流纹岩。

长江中下游火山—沉积岩群与我国东部浙闽地区的可以对比。其地质时代虽历经多轮研究,但迄今仍然有争议。本报告综合各方面的研究成果,包括古生物群、地层学及同位素年龄等资料,暂将这套火山—沉积岩群归属晚侏罗—早白垩世。

第三节 白垩系划分与对比

一、下统

这里的下白垩统指早白垩世中晚期的沉积岩层。包括宁镇区及苏北盆地的葛村组、苏南杨冲组、皖中区的杨湾组及鄂东南区的太和组。葛村组的岩性由浅紫红色砂岩、粉砂岩、泥岩夹杂色粉砂质泥岩和凝灰质粉砂岩组成,厚度大于 450.8m,含介形类 *Cypridea*(*Cypridea*), *Cypridea*(*Pseudocypridina*), *Mongolianella*, *Ziziphocypris*, *Clinocypris* 等;轮藻 *Flabellochara*, *Sphaerochara verteilata*;植物 *Frenolopsis?* sp., *Suturovagina intermedia*。葛村组与下伏地层或火山岩层呈不整合接触。杨湾组分布在庐枞盆地西北部及望江盆地等处,岩性为浅紫色砾岩、含砾粗砂岩、钙质细砂岩及粉砂岩,夹石膏。产生物群主要有:轮藻

Atopochara triviluis-*Euaclistochara mudula* 组合;介形类 *Cypridea* 及 *Clinocypris* 等。杨湾组不整合在火山岩层或更老地层之上。太和组岩性为含砾砂岩、细砂岩及钙质粉砂岩,含双壳类 *Sphaerium* cf. *pujiangense*;介形类 *Cypridea nitida* 及 *Darwinula contracta*;轮藻 *Sphaerochara granulifer*。

上述 *Flabellochara*-*Atopochara* 轮藻植物群是国内外早白垩世晚期特征化石。

二、上统

本区晚白垩世地层包括下扬子区的浦口组、赤山组、皖中区的高河埠组及鄂东南区的东湖群。

浦口期的盆地是广盆,浦口组分布广泛,几乎整个下扬子区地表及井下都有浦口组沉积记录。主要岩性苏南地表所见为棕红色砂砾岩、砂岩、粉砂岩,下部夹安山岩及安山质熔岩,厚 1 587.2m,产植物化石 *Suturovagia intermedia*, *Manica tholistoma*;介形类 *Tangxiella-Talicypridea* 介形类动物群。苏北井下岩性为深灰、灰色粉砂岩,粉砂质泥岩夹膏盐层,厚 2800m,产介形类化石 *Clinocypris*,轮藻 *Sphaerochara* 及孢粉等。根据上下层序和生物群特征,浦口组地质时代归晚白垩世早期。

苏南赤山组岩性以砖红、棕红色为特征,由细砂岩、粉砂岩及泥岩组成,厚 695m,产介类 *Talicypridea*-*Cypridea* 组合。苏北井下赤山组岩性为浅紫红、棕红及深灰色粉砂岩及泥岩,厚孢粉等。

皖中区高河埠组分布局限,但岩性及生物群与赤山组相当。

扬子区赤山组或相当地层与邻区皖南宣南组及粤北南雄组可以对比,后者发现恐龙蛋化石,显示晚白垩世晚期的生物群面貌。

鄂东南区的东湖群跨越上白垩统一第三系,以断层或不整合与前白垩纪地层接触。岩性紫红色砾岩、含砾砂岩夹砂质泥岩及泥灰岩,在阳新地区其下部夹玄武岩,产介形类 *Talicypridea*, *Clinocypris*, *Mongolianella*, *Cypridea* 及 *Candona*;龟化石 *Anhniichelys xix-zhouensis* 等,厚 436—3 363m。

第二章 区域构造

第一节 中生代陆相盆地的基底性质

长江中下游中生代陆相盆地基底是经过前震旦纪阶段和震旦纪—早三叠世漫长的发展演化而成的。前震旦纪阶段为构造活动性较强的“地槽”，从沉积建造分布，现在展布在本区的前震旦纪基底，总的特征是克拉通程度偏低，主要由晚太古—中元古代地层组成，并成为在本区基底的主体部分。大致可分为三种性质不同的类型：“江南型”、“秦岭—大别型”及“宁镇型”。“江南型”基底分布于皖南—九岭—九宫山—幕阜山一带，基底岩层分别命名为上溪群(安徽)、九岭群(江西)、板溪群和冷家群(湖南、湖北)。其原岩主要为一套陆源碎屑复理式建造和火山碎屑建造，现已变为绿片岩相的千板岩和板岩。“秦岭—大别型”基底展布于东秦岭—大别—张八岭—苏北盆地北部一带，基底岩层分别称桐柏群、红安群(湖北)、大别群、宿松群、张八岭群、肥东群(安徽)及随县群(湖北)，主要为一套 TTG 岩系和细碧—石英角斑岩系，经变质为麻粒岩相、角闪岩相、绿片岩相。“宁镇型”展布于苏皖沿江一带，其位置介于上述两者之间，埭盂地区的埭盂群，安庆怀宁地区的“董岭群”，庐山一带的“星子群”，大洪山一带的“打鼓石群、花山群”均属此类基底岩层，基底岩层主要为一套已经变质的陆源碎屑岩、火山岩和部分碳酸盐岩，该三大类基底岩群，由于后期复杂的构造作用，包括平移剪切推覆拆离、伸展滑脱等作用，而互相交错、叠合，其界线已很难确切划定。

经过晋宁运动(皖南运动)基底岩层发生不同程度的变质结晶固化使长江中下游地区进入较为稳定的“地台阶段”，即自震旦纪—早三叠世，该区构造性质相对较为稳定，表现在沉积建造上、构造作用性质上及岩浆作用上，特别是沿江一带，沉积厚度较小，主要为一套以碳酸盐岩夹碎屑岩岩系，未发生强烈的褶皱造山作用，而是若干次升降作用为主，岩浆作用也较微弱。长江中下游基本上为一“台地”，而其两侧各存在一个发育程度不同的“边缘海盆”。台地与边缘海盆的边界断裂分别称为“江南断裂带”、“南淮阳断裂带”和“滁河—盐城断裂带”。在边缘海盆，沉积厚度相对较大，构造活动性相对较强，岩浆作用也有显示。

特别要指出的是，本区石炭纪—早三叠世，其构造环境为一广阔的陆表海沉积环境，该阶段主要构造作用表现为伸展剪切(顺层或低角度韧性剪切带发育)，这在基底岩层中表现得十分清楚。伴随有绿片岩相变质作用，该时期的构造变质事件，时限为 220—230Ma，这组年龄标志着伸展体制的结束，挤压收缩体制的开始，即中三叠世后期开始，构造作用发生质的转化，南华地块(包括长江中下游在内的扬子地块)开始向华北地块俯冲作用，使作为古特提斯支槽的秦岭—大别海槽逐渐自东而西产生剪切型碰撞封闭，伴随发生区域性由伸展扩张向挤压收缩的转化，这种作用为本区中生代陆相盆地的形成奠定了大地构造基础，使长江中下游地区开始了一个复杂、强烈、多幕的构造沉积及岩浆活动的新阶段(图 1)。

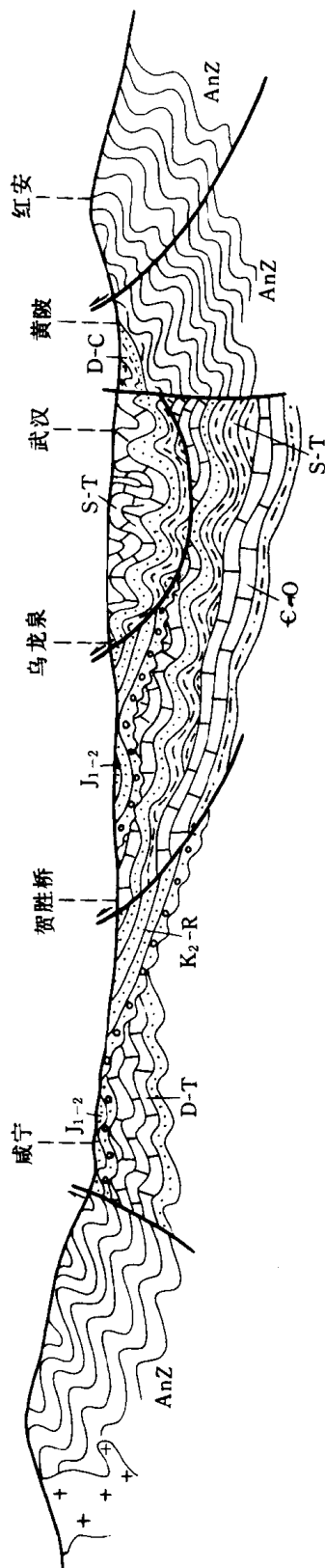


图2 武汉—咸宁宁区间地质结构横剖面示意图

第二节 中生代陆盆的基底及周边构造特征

长江中下游中生代陆相盆地的直接基底是一个广阔的浅海台地,其展布方位总体呈近东西向,此时没有发育隆凹相间的明显格局,从基底的沉积建造分析,广阔浅海台地的两侧分别以两条时稳时现的同生断裂为界发育两个边缘海盆,南侧为江南断裂,其走向大致从南通—隔湖—宣城—石台—东至—德安北—通山—嘉鱼—一线,北侧为南淮阳断裂和滁河—盐城断裂,断裂带之间大致从襄樊—京山北—武汉—广济—全椒—高邮—盐城—一线,此时的构造格架相对较为简单,现在地质图面展示的大量 NE, NNE 向断裂,包括诸如郟庐断裂,团(风)麻(城)断裂,干江断裂,殷家汇断裂,小丹阳断裂以及茅东、茅西等断裂还未发育,推测江南断裂,南淮阳—滁河断裂走向也并非 NW—NE 向的,此时长江中下游地区只有是由近东西向断裂和夹于其间的地块组成的条块格局,这为陆盆早期的发育奠定了基础,这种条块组成的物质差异,即两侧的基底刚性程度相对较低,活动性相对较大,而长江中下游地区的基底刚性程度相对较高,这为此后中间地块型同造山期陆相盆地形成、展布、演化奠定了物质基础(图 2)。

控制扬子区中生代陆盆的发展和演化的动力学背景,除了陆盆基底性质外,其周边的地质构造特征也是重要因素。由于特提斯在中三叠世时自东而西封闭及太平洋板块产生并转向欧亚大陆作用,扬子区三面受到挤压,一面向东蠕散,中生代早中期主要受特提斯构造域的控制,后期主要受太平洋构造域的作用和改造。扬子陆盆在东西两种不同的构造域作用下,开始它的漫长的发展和演化历史。

第三章 三叠纪陆盆形成机制及演化特征

第一节 中三叠世海陆变迁和陆海分布格局

早三叠世时我国海陆分布呈明显南北分带特征,大体以昆仑—秦岭—大别为界,以北广大地区属陆区,是陆相沉积区,称北方型;以南地区是海相沉积区,集中分布在西南一带,称南方型。“南海北陆”的格局和界限泾渭分明,长期以来广大地质工作者都承认和接受这种观点。形成南北分带格局和特征的原因,据黄汲清的观点,认为与大陆核心基底性质有关。这种格局一直延续到中三叠世早期海盆结束,陆盆出现时为止。陆盆的展布转为东西分带特征,陆盆展布方向的变化可能与海底扩张和南北地块相对运动有关(朱夏,1980)。

越来越多资料研究证明,特提斯海大约在中三叠世开始向北敛合,由于海槽自东向西封闭,导致扬子东部与华北地块对接、碰撞,其基底及部分盖层消减,大量物质被深深插入地壳深部,发生不同程度的变质,出现麻粒岩相、角闪岩相和绿片岩相等,还包括榴辉岩、蓝片岩和白片岩。据大别山变质岩同位素分析大约为 220—240Ma,表明上述变质岩类是中三叠世时碰撞机制下热事件的产物。

据最近研究认为,扬子东部或东北部是两个地块最先聚合的部位。当时扬子三面受到挤压,一面向东蠕散、抬升,岩石圈最上部发生缩短、加厚与变薄,海退由东向西进行。扬子基底刚性较强,受力挤压后没有断裂,因此本区迄今没有印支期花岗岩类的侵入体,表明华北与扬子地块在印支期的对接是缓慢进行的,主要构造变形呈宽缓型拗褶,则是陆盆的雏形。当拗褶型构造雏形进一步演化后,在隆起的背景下,于拗部开始接受陆源碎屑充填沉积,形成本区早期陆盆。陆盆周边抬升相对较快,盆地内部沉积物处于“被动”充填状态。陆盆的初始阶段,地球动力作用以挤压应力为主,地壳发生不同程度的加厚和大陆化,总的趋势是扬子东部的海拔不断增高,造成东高西低的地势,海水由东向西或西南撤离下扬子区。

关于中三叠世海退方向,存在不同的看法,一种观点是海水由东向西撤退(吴舜卿,1978;吴其切,1978;陈丕基,1986);另一种观点海水从东西两个方向退却(常印佛等,1991);还有一种观点认为下扬子区的海水是从其东北端退出的(刘宝珺等,1993)。通过对本区沉积相、生物群及地质构造等综合分析研究后,我们认为本区中三叠世拉丁期的海退是从东向西或西南退却的,主要证据是:

黄马青组或相当地层的底部普遍发育一套杂色岩层,主要由灰绿、灰黄、浅紫色砂质泥岩、钙质粉砂岩、泥岩夹泥灰岩组成的。通常厚度几米到 50m,产海相一半咸水腕足类、叶虾类及双壳类等,伴有陆生植物,反映海陆过渡特征的沉积岩层。

在沉积环境的研究过程,地球化学家常利用粘土矿物中的硼含量来推测沉积物的地质和环境特征。据产叶虾类的杂色粉砂质泥岩的硼元素测定,硼元素含量达 300ppm。通常认

为,泥质沉积物中的硼含量小于100ppm为陆相沉积物,100ppm以上属海相沉积物,而且从滨海向海方向硼元素含量逐渐增加。从另一项测试报告中,黄马青组上段下部灰紫、紫红色粉砂泥岩中的微量元素 $Sr:Ba=0.6$,显示滨岸沉积环境。

杂色层在中下扬子区分布广泛,层位稳定,向西到怀宁—月山地区,杂色层被独立分出,命名马山桥组(南京地矿所,1977)。马山桥组岩性比东部的细,所含海相一半咸水生物群也较丰富,厚度二百多米,到鄂东南区,杂色层也建组,称陆水河组上段(张仁杰等,1982)。再西到鄂西香溪地区,杂色层可以与滨海相巴东组对比,海相性更强。由南京向西到鄂西香溪,杂色层厚度递增,海相一半咸水生物群增多,反映在水平方向上向西海相层增多、海相性增强的特征,并逐渐过渡至上扬子海域。由此可见,鄂西一带是当时海湾地区,也是陆海分野地带。

据苏北—南黄海及东海海域大量石油钻井资料研究,迄今缺乏黄马青沉积记录,但发现黄马青组下伏地层周冲村组及上覆地层南象山组,表明黄马青期,苏北—南黄海及东海已隆起成山,并成为早期陆盆的主要物源区。

陆盆总的向西倾斜,它的东部边界大致在南京—常熟一带,没有向东或北东方向延伸。

另据东南区古地理的特征分析,中晚三叠世时浙闽地区属于陆区,下扬子与古太平洋之间尚有较长距离的陆地相隔,海水向东似无路可退。

综上所述,本区早期的陆盆,其古地理景观是,东高西低,东部连接陆区,西部濒临海域,川东鄂西地带为中晚三叠世时期的海湾区,也是本区陆海分野地带,海水由东向西退出中下扬子区,最后汇入特提斯海(图3,4)。

第二节 中晚三叠世沉积相与沉积体系

地史中曾经为沉积物堆积的场所称为沉积盆地。因此认识各种类型沉积相特征,建立相应的相模式、相序列、沉积体系和沉积体系域,以及层序地层与沉降及构造地层分析,是当前盆地研究的重要内容。

根据区内不同时代地层沉积学综合研究,从中三叠世至晚白垩世,盆地性质几经变化,依时间顺序可划分为中晚三叠世、早中侏罗世、晚侏罗—早白垩世及晚白垩世四个成盆期。不同时期的盆地虽局部相互叠置,但均以不整合为界,它们的盆地类型、沉积建造、构造特征及地动力环境均不相同。本节主要论述中晚三叠世沉积地质特征。

本区中晚三叠世除下部有少量清水碳酸盐岩沉积外,主要为一套陆源细碎屑岩沉积物,堆积在坳褶型盆地内。

本课题重点研究从中三叠世晚期开始至晚三叠世以碎屑岩为主的地层,包括黄马青组、范家塘组、铜头尖组、拉犁尖组、蒲圻组、鸡公山组等。其与下伏地层为连续沉积,与上覆地层为沉积间断。

研究区中晚三叠世这套细碎屑岩为主的地层,根据其岩石组合、成分、结构、构造、生物化石、古水流方向及相剖面结构特征等综合分析,主要为一套三角洲沉积体系。

一、岩相

一个沉积体系的组成岩相都是有限的,包括其特有的岩相。根据研究区中下三叠统剖面岩石微相研究按成因类型可归纳为八个岩相。各岩相主要特征如下: