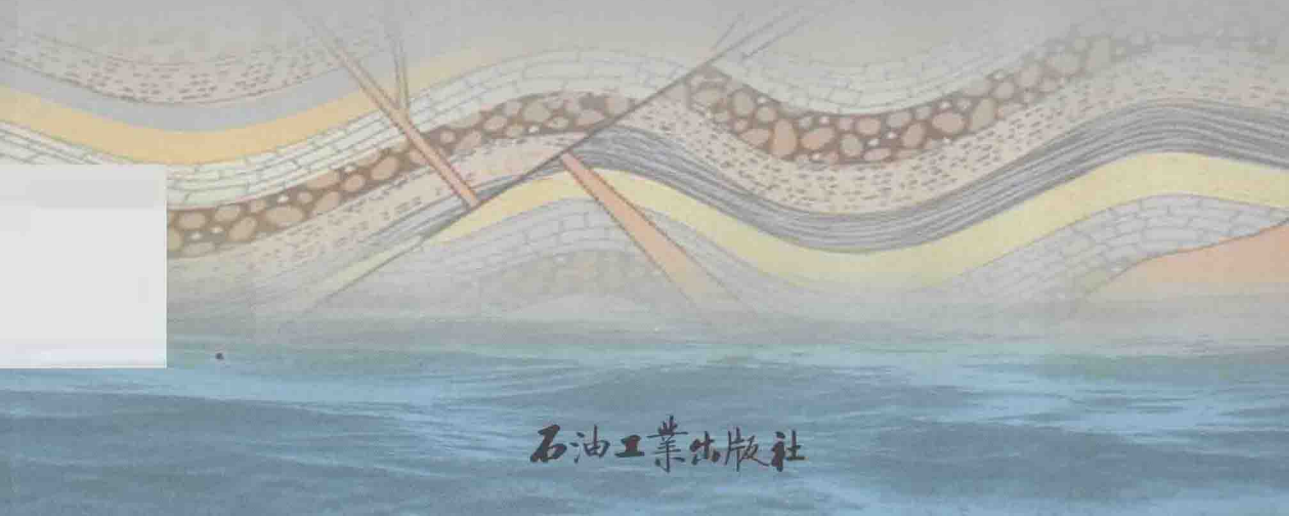


Hydrocarbon Accumulation
Conditions and Exploration Evaluations of
Marine Strata in Lower Yangzi Region

下扬子地区海相层系 成藏条件及勘探评价

梁 兵 段宏亮 李华东 著



石油工业出版社

本书为国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”的专题研究成果

下扬子地区海相层系成藏条件及勘探评价

梁 兵 段宏亮 李华东 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以多旋回叠合盆地形成演化为主线,分析了下扬子区海相中、古生界生、储、盖层的分布及形成演化过程和油气显示类型及分布特征;以前陆变形理论为指导,开展了构造变形研究,划分了构造单元;在构造单元地质结构研究的基础上,预测了油气成藏类型,优选了有利区带。通过地震采集—处理—解释一体化研究,以地震反射特征为基础,以地质模式为指导,开展了有利区地震、地质解释,发现和落实了圈闭目标。

本书可供低勘探程度区地震地质综合研究人员和油田相关勘探开发科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

下扬子地区海相层系成藏条件及勘探评价 / 梁兵等著.
北京:石油工业出版社, 2013.11

ISBN 978-7-5021-9755-1

I. 下…

II. 梁…

III. ①海相生油—油气藏形成—研究—西南地区 ②海相生油—油
气勘探—研究—西南地区

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 211910 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523533 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 10.5

字数: 270 千字

定价: 98.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

目 录

1	海相层系地质特征	1
1.1	区域地质概况	1
1.2	基底特征	2
1.3	海相地层沉积特征	3
1.3.1	上震旦统沉积相与展布	3
1.3.2	下寒武—上志留统沉积相与展布	3
1.3.3	上泥盆—下二叠统沉积相与展布	6
1.3.4	上二叠—中三叠统沉积相与展布	7
1.4	叠合盆地演化	9
1.4.1	晚震旦—晚志留世陆缘海盆地	11
1.4.2	晚泥盆—早三叠世陆表海盆地	12
1.4.3	中三叠—中侏罗世前陆盆地	12
1.4.4	晚侏罗—早白垩世火山岩盆地	15
1.4.5	晚白垩世—第四纪断—坳陷盆地	15
1.5	海相中、古生界构造单元	17
1.5.1	构造单元划分	17
1.5.2	构造单元特征	19
2	海相层系成藏条件	28
2.1	烃源条件	28
2.1.1	烃源岩的厚度及展布	28
2.1.2	有机质丰度	28
2.1.3	有机质类型	34
2.1.4	成熟度及演化史	35
2.1.5	晚期生烃、晚期成藏	38
2.2	储集条件	42
2.2.1	碎屑岩储层	42
2.2.2	碳酸盐岩储层	55
2.3	保存条件	72
2.3.1	盖层条件	72

2.3.2	地层水化学特征	75
2.3.3	构造变形对保存条件的影响	83
2.3.4	保存条件评价	85
3	油气成藏的控制因素	88
3.1	海相中、古生界油气显示及来源	88
3.1.1	油气显示宏观分带特征	88
3.1.2	油气藏及重点油气显示油气源	89
3.2	典型油气藏成藏特征	101
3.2.1	朱家墩气藏	101
3.2.2	黄桥 CO ₂ 气藏	104
3.2.3	句容残留油藏	108
3.3	油气聚集类型及特征	112
3.3.1	新生古储型	112
3.3.2	古生新储型	113
3.3.3	古生界内幕型	113
3.4	油气成藏的控制因素	114
4	勘探选区	117
4.1	复杂变形区综合评价	117
4.2	有利区带成藏条件与特征	118
4.2.1	对冲锋带	118
4.2.2	东部中带和南部中带	123
4.3	目标识别与评价	128
4.3.1	地震资料处理与解释	128
4.3.2	圈闭评价及重点目标描述	147
	图版说明	156
	参考文献	161

朝地块为界（郝天珧，2004）。其沉积基底为前震旦系浅变质岩，盖层为晚震旦世以来沉积的海相中、古生界和陆相中、新生界。本专著研究范围介于赣江断裂和东经 124° 之间，研究面积约 $36 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

1.2 基底特征

下扬子区海相中、古生界基底由前震旦系组成，具有双层基底结构（马力，2004）。下基底构造层由 1700Ma 前中条运动固结的新太古代—古元古代结晶变质岩系组成，包括胶南群、胶东岩群、东海群等，地表出露于大别—胶南造山带；其同位素年龄集中在 2500~3000Ma 之间；原岩均为以沉积建造为主的火山—沉积岩系，发育磁铁石英岩和 TTG 岩套；普遍经历了角闪岩相的变质，局部变质深达麻粒岩相；经历了多期构造变形，混合岩化强烈（邓红婴，1999）；岩石物理性质具有弱—中等磁性，且存在不同程度的剩余磁化强度，磁力 ΔT 异常图上具正磁异常特征；研究区仅局限分布于苏北—南黄海盆地东部（图 1.2.1），组成了下扬子区中央稳定结晶基底。

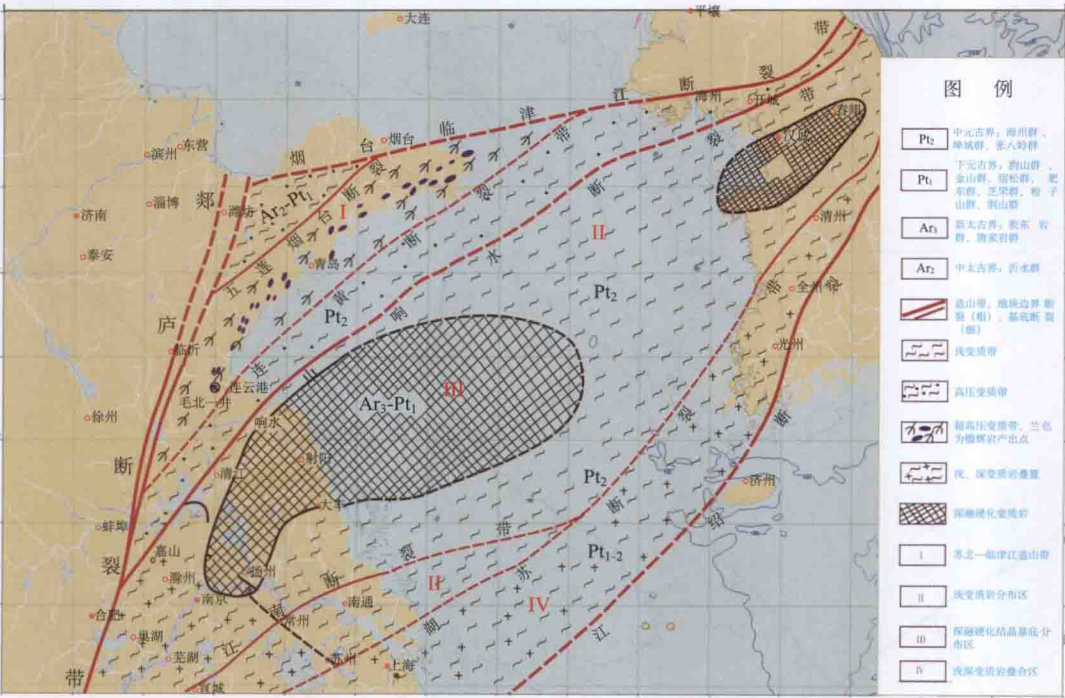


图 1.2.1 南黄海及邻区前南华系变质结晶基底结构示意图（据陈建文修改，2008）

上基底构造层是 800~1000Ma 前的晋宁运动固结的，为中—新元古代中—浅变质褶皱岩系，如双桥山群、上溪群、双溪坞群、张八岭群、宿松群、海州群、埭城群等，主要是一套裂谷型或有限小洋盆型的沉积，与下基底构造层之间通常以角度不整合接触（邓红婴，1999）。岩石自身无磁性或微弱磁性，磁力 ΔT 异常图上具有负磁异常的特征。广泛分布于研究

区, 出露于镇江、海州—连云港、胶东、滁县张八岭地区, 上海金山地区钻井中亦见及。

上、下基底构造层分布的不一致性, 造就了下扬子区基底的不均质性, 这种不均质性对海相中、古生界的保存与改造具有重要影响。

1.3 海相地层沉积特征

晋宁运动后, 下扬子区进入稳定的地台型海相沉积阶段, 接受了厚达 10000 余米的海相沉积, 海相地层系统参见表 1.3.1, 沉积特征分述如下 (江苏省地质矿产局, 1984, 1989; 徐学思, 1997; 安徽省地质矿产局, 1987; 安徽省地质矿产局区域地质调查队, 1990; 李玉发, 1997; 浙江省地质矿产局, 1989; 俞国华, 1996; 江西省地质矿产局, 1984; 穆曰孔等, 1987)。

1.3.1 上震旦统沉积相与展布

上震旦统属晋宁事件之后下扬子区发育的第一世代盆地的一部分, 具有两台两盆的沉积格局, 发育了局限台地—台地边缘浅滩—台地前缘斜坡—盆地相较为完整的沉积相带。盆地相区位于滁县及皖南现今“江南隆起”的范围, 向西与中扬子海盆连通; 岩性以灰黑色纹层状硅质岩为主, 间夹泥质白云岩、碳质页岩。盆地相的东西两侧及其向 NE 延伸过渡至苏南地区为台地前缘斜坡相区, 再向东西外延即为苏北及浙西、上海两大碳酸盐岩台地区。地层总体呈 NE—SW 向展布, 厚度由南向北增厚, 变化范围为 23.6~900m。

1.3.2 下寒武—上志留统沉积相与展布

下寒武统一上志留统属下扬子区第二世代盆地沉积, 始于桐湾事件之后的早寒武世海侵, 结束于广西事件, 是在第一世代盆地沉积格局上进一步发展演化条件下的沉积。

1.3.2.1 寒武系沉积相与展布

早寒武世属最大海侵期, 沉积相主要以台地前缘斜坡—盆地相为主, 广泛发育于南京—扬州—如皋—一线西北地区和九江—石台—宁国—无锡—启东地区, 岩石类型以灰黑色硅质页岩、粉砂质页岩、碳质页岩为主, 是区内重要的烃源岩。仅在上述两盆地相之间的宿松—马鞍山—巢湖—南通—一线发育了开阔台地—台地前缘斜坡相, 岩石中夹透镜状粉晶灰岩、粉晶—细晶交代白云岩。揭示地层厚度为 51.4~723.63m。

中寒武世基本上保持着早寒武世“两台两盆”的沉积格局, 陆棚相区位于休宁—宁国—广德一带和盱眙—滁州西北一带, 岩石类型以深灰—灰黑色薄层状泥质粉屑微晶灰岩为主。台地相区位于两个陆棚相带之间, 岩石类型主要为灰紫、紫红、土黄、灰色薄层状微晶—粉晶白云岩, 交代残余内碎屑白云岩, 灰紫、土黄色纹层状泥质微晶白云岩, 深灰色具交代残余结构的粉晶、微晶白云岩, 局部地区见蒸发岩台地相膏质白云岩。揭示地层厚度为 15.0~670.2m。

表 1.3.1 下扬子区海相中、古生界对比表

江苏下扬子区				皖南下扬子区				浙西下扬子区						
界	系	统	组	界	系	统	组	界	系	统	组			
中生界	三叠系	上统	范家塘组	中生界	三叠系	上统	拉犁尖组	中生界	三叠系	上统	缺失			
		中统	黄马青组			中统	铜头尖组							
			周冲村组				月山组							
		下统	青龙组			下统	东马鞍山组			下统	南陵湖组			
							和龙山组							
							殷坑组							
古生界	二叠系	上统	大隆/长兴组	古生界	二叠系	上统	大隆组	古生界	二叠系	上统	长兴/大隆组			
			龙潭组				龙潭组				龙潭组			
		中统	孤峰组			中统	孤峰组			中统	孤峰组			
			栖霞组				栖霞组				栖霞组			
		下统	船山组			下统	船山组			下统	船山组			
	石炭系	上统	黄龙组		石炭系	上统	黄龙组		石炭系	上统	黄龙组			
			老虎洞组				老虎洞组				老虎洞组			
		下统	和州组			下统	和州组			下统	叶家塘组			
			高骊山组				高骊山组				高骊山组			
			金陵/老坎组				金陵组				金陵组			
	泥盆系	上统	五通组		泥盆系	上统	五通组		泥盆系	上统	五通组			
		中一下统				中一下统				中一下统				
	志留系	上统	茅山组		志留系	上统	举坑组		志留系	上统	唐家坞组			
		中统	坟头组			中统	皈村组			中统	康山组			
		下统	高家边组			下统	河沥溪组			下统	河沥溪组			
							霞乡组				霞乡组			
		奥陶系	上统			五峰组	奥陶系			上统	新岭组	奥陶系	上统	三衢山组
						汤头组					黄泥岗组			黄泥岗组
	中统		汤山组		中统	硃瓦山组			中统	硃瓦山组				
			牯牛潭组			胡乐组				胡乐组				
	下统		大湾组		下统	宁国组			下统	宁国组				
			红花园组			谭家桥组				印渚埠组				
			仑山组											
			寒武系			上统				观音台组	寒武系		上统	西阳山组
	中统	炮台山组			中统	华严寺组	杨柳岗组							
		下统				幕府山组	下统		大陈岭组	下统		大陈岭组		
					荷塘组							超山组		
	新元古界	震旦系	上统		灯影组	新元古界	震旦系		上统	皮园村组	新元古界	震旦系	上统	灯影组
下统			陡山沱组	下统	蓝田组			下统	蓝田组					
南华系		上统	南沱组	南华系	上统		雷公坞组	南华系	上统	南沱组				
		下统	莲沱组		下统		休宁组		下统	休宁组				

晚寒武世继承和发展了中寒武世“两台两盆”的沉积格局。其西北侧的陆棚相和斜坡相的范围已明显地扩大,而局限台地相的北界则向南推移,蒸发岩台地相有所扩大,南部可到扬州地区。揭示地层厚度为 10.0~831.8m。

1.3.2.2 奥陶系沉积相与展布

奥陶系属区内第二世代盆地海进稳定期的沉积,普遍为一套碳酸盐岩台地相沉积。中奥陶世,海水略有变浅,形成了富含生物碎屑的微晶灰岩。之后,海水加深,形成了晚奥陶世的硅质页岩为主的盆地—陆棚相沉积。奥陶系总的沉积格局是寒武系“两台两盆”的发展。

早奥陶世,沉积水体略有加深,除在天长—滁州、无锡—宁国发育陆棚相外,大部分地区为台地相,岩石类型仑山组主要以亮晶砂屑、砾屑灰岩为主,部分为交代粉晶—细晶白云岩,厚 100~300m;红花园组主要以生物碎屑灰岩为主,厚 100~300m;大湾组和牯牛潭组沉积时水体变浅,岩石类型主要以灰色微晶生物屑灰岩和棕红色瘤状灰岩为主,沉积厚度稳定,揭示地层厚度在 40m 左右。

中奥陶世,沉积水体更浅,“两盆(棚)”已经萎缩,除湖州、宁国一带仍保持着台地前缘斜坡—陆棚相外,其他地区均被开阔台地相所代替;形成了一套以浅海碳酸盐岩台地相为主的沉积;岩石类型为粉红色、灰(棕)色(含)泥质生屑微晶灰岩和生物屑微晶灰岩,夹灰绿色瘤状灰岩,厚度变化不大,一般在 30m 左右。

晚奥陶世水体明显加深,沿开化—宁国—常州—南通一线以西为陆棚—盆地相,东南地区则为无障壁海岸相。陆棚—盆地相沉积以深灰、灰黑色硅质页岩、硅质岩为主,是区内重要的烃源岩之一;无障壁海岸相沉积为厚层—块状中、细粒长石石英砂岩夹粉砂质泥岩,顶部夹有砂砾岩。该套地层厚度差异悬殊,最小可小于 10m,揭示最大厚度为 1389.9m。

1.3.2.3 志留系沉积相与展布

晚奥陶世沉积之后,区内海退速度加快,海水进一步变浅,形成了一套完整的海退序列:无障壁海岸相—陆棚相的碎屑岩沉积。根据各时期的沉积特征,可将本区从 SE 往 NW 依次划分为后滨—前滨、前滨—临滨、陆棚相的沉积相带,而且随海退规模的加强,沉积相依次向西后退,相带均呈 NE—SW 向展布,从而改变了晚震旦世—奥陶纪“两台两盆”的沉积格局。

早志留世沉积环境与晚奥陶世五峰期相同,仍属盆地—陆棚相,盆地相位于宜兴—安吉—宁国和滁州—金湖一带,为一套灰、黑色笔石页岩、硅质岩,是区内第三套重要的烃源岩;其后快速沉积了一套生物贫乏的泥岩夹砂岩组合,现残余最大厚度大于 4000m。

中志留世海水进一步撤离本区,与此同时,陆源物质供应大量增多,普遍发育无障壁海岸环境的前滨和临滨两个亚相,岩石类型主要为灰白色细砂岩、岩屑石英细砂岩夹黄绿色粉砂岩、砂质页岩,砂岩颗粒分选好,磨圆一般到较好。沉降中心位于太湖—湖州—安吉一带,揭示地层最大厚度大于 1000m。

晚志留世水体更浅,沉积环境转变为后滨和前滨两个亚相;岩石类型主要为灰、浅灰、

紫红色中厚层状岩屑石英砂岩,夹薄层灰黄、浅紫红色泥岩、粉砂质泥岩、粉—细砂岩;地层厚度差异悬殊,由NW向SW逐步加厚,以无锡—长兴—安吉一带厚度最大,揭示地层厚度为50~2100m。

1.3.3 上泥盆—下二叠统沉积相与展布

志留纪晚期广西事件后,下扬子区普遍抬升,在泥盆纪海进过程中形成第三世代盆地。它与早古生代陆缘海盆地的最大区别是沉积水体浅、分异性弱。

1.3.3.1 上泥盆统沉积相与展布

上泥盆统属无障壁海岸相碎屑岩沉积,岩石类型以灰白、浅灰色厚层状石英砂岩为主,夹薄层细砂岩和含砾砂岩,底部普遍为紫红色石英砾岩、含砾砂岩,中、上部主要为土黄、灰白、灰黑色泥岩,粉砂质泥岩夹粉砂岩、细砂岩和劣质薄煤层及煤线。地层厚度比较稳定,一般为150~200m。

1.3.3.2 石炭系沉积相与展布

石炭系是晚泥盆世海侵进一步发展后的沉积。由于海侵规模不大,海平面较低,且变化较为频繁,早石炭世主要为一套以海岸相碎屑岩为主的沉积。晚石炭世海侵范围扩大,形成了由极为繁盛的浅水型蠕、珊瑚等海相化石堆积的浅水碳酸盐台地相沉积,沉积相带呈NE—SW向展布。

1.3.3.2.1 下石炭统岩关阶沉积相与展布

区内SE和NW受陆源影响较强,发育潮坪相,岩石类型以碎屑岩为主,厚度可达55m(西北部仅见于滨海一带,又名老坎组);大丰—南京一带受海水影响较大,发育局限台地相,岩石类型以生物碎屑灰岩为主(金陵组),厚度一般为4~5m。

1.3.3.2.2 下石炭统大塘阶沉积相与展布

下石炭统大塘阶包括高骊山组、和州组和老虎洞组。高骊山组在苏北地区以潮坪—潟湖相杂色碎屑岩为主,在苏皖南及浙西地区以有障壁海岸相含煤碎屑岩为主;和州组为碳酸盐岩台地相灰岩沉积;老虎洞组为一套穿时的白云岩,残余厚度全区严重不均,除海区残余厚度较大外,大部分地区小于10m。下石炭统沉积厚度变化较大,在江阴—高淳一带厚度仅10~20m,而在其NW和SE两侧厚达90~100m。

1.3.3.2.3 上石炭统沉积相与展布

上石炭统海进幅度较大,全区大部分为开阔台地相,岩石类型有(含)生物碎屑泥晶灰岩等。局限台地仅分布于西北部滨海—天长一带,岩性以灰白、灰色泥晶灰岩、粉晶白云岩、白云质灰岩为主,次为含生物碎屑泥晶灰岩、藻团块泥晶灰岩,夹有灰黑、灰黄、紫红色泥岩、碳质页岩和薄层砂岩。上石炭统厚度在海安—溧阳—宣城一带较薄,一般小于100m;两侧较厚,南京地区可达180m。晚石炭世末期,海水曾一度变浅。

1.3.3.3 中、下二叠统沉积相与展布

二叠纪早期开始海侵,水域宽广、生物丰富。茅口晚期进入海退时期,东吴事件导致该

盆地消亡。因而栖霞期、茅口期的沉积分别具有海进和海退沉积的特征。

船山组为碳酸盐岩沉积,岩石类型为灰、深灰、灰褐色厚块状结晶灰岩、泥晶藻团块灰岩、核形石泥晶灰岩,厚 30~65m。

栖霞组主要为浅陆棚相碳酸盐岩沉积,岩石类型为生物碎屑泥晶灰岩、泥晶灰岩、硅质岩、夹薄层状富含有机质的泥灰岩、灰质白云岩;局部见生物屑浅滩相泥晶生物碎屑灰岩、红藻屑泥晶灰岩、生物碎屑泥晶灰岩、砂屑泥晶灰岩(江纳言,1994)。北部滨海地区发育潮坪—潟湖亚相的含煤碎屑岩沉积。区内揭示厚度一般为 100~200m,最大可达 400m 以上。

孤峰组为早二叠世海侵高峰期的沉积,大部分地区为浅海陆棚相灰黑色泥岩、页岩、硅质泥岩和硅质岩,仅在浙西北—上海一带为潮坪—潟湖亚相泥岩、粉砂岩、细砂岩和砂质灰岩沉积。地层厚度为 50~150m。

1.3.4 上二叠—中三叠统沉积相与展布

中二叠世末的东吴事件,结束了下扬子区海相中、古生代第三世代沉积盆地的发展历史。之后,海侵再次影响本区,在渐趋夷平的准平原上,沉积了第四世代沉积盆地晚二叠世吴家坪期的煤系地层。海侵经长兴期—般坑期的发展达到极盛,沉积了长兴组/大隆组、青龙组下段海进沉积;然后经巢湖期过渡到土隆期的海退过程,沉积了青龙组上段、周冲村组、黄马青组和范家塘组的海退沉积;印支事件完成华北板块和扬子板块的拼接,扬子海消失,海相沉积盆地消亡。

1.3.4.1 上二叠统吴家坪阶沉积相与展布

上二叠统吴家坪阶龙潭组发育有障壁海岸相(潮坪—潟湖、海湾亚相)和河流—三角洲相。有障壁海岸相沉积以深灰、灰色泥岩、粉砂岩、细砂岩为主,夹煤层(图 1.3.1),宁国—溧阳—常州一带夹薄层生物屑灰岩。河流—三角洲相主要发育于浙西北—上海—南黄海南部凹陷一带,WX5-ST1 井揭示地层厚度为 329.8m(汪企浩,2009)。

1.3.4.2 上二叠统长兴阶沉积相与展布

沉积水体加深,以开阔台地相和浅海陆棚相为主。开阔台地相发育于宁国—宜兴—南通一线东南地区和滨海—盱眙地区,称长兴组,岩石类型以浅灰、灰白色厚层—块状生屑含泥粉晶灰岩、微晶灰岩、生物灰岩为主,夹白云质细晶灰岩或灰质细晶白云岩,厚度为 13~234.5m;浅海陆棚相发育于宁国—宜兴—南通一线西北地区,称大隆组,岩石类型为深灰、灰黑色泥岩、硅质泥(页)岩、钙质泥岩,夹薄层硅质岩、粉晶灰岩、泥灰岩,厚度一般在 20~50m。

1.3.4.3 下三叠统一—中三叠统沉积相与展布

早三叠世,海侵继续发展并进入相对稳定期,沉积了陆棚相—台地相的泥质岩和碳酸盐岩。中三叠世早期开始海退,沉积了一套闭塞环境的膏盐地层和中三叠世—晚三叠世的河湖相地层,成为一套海退沉积层序。

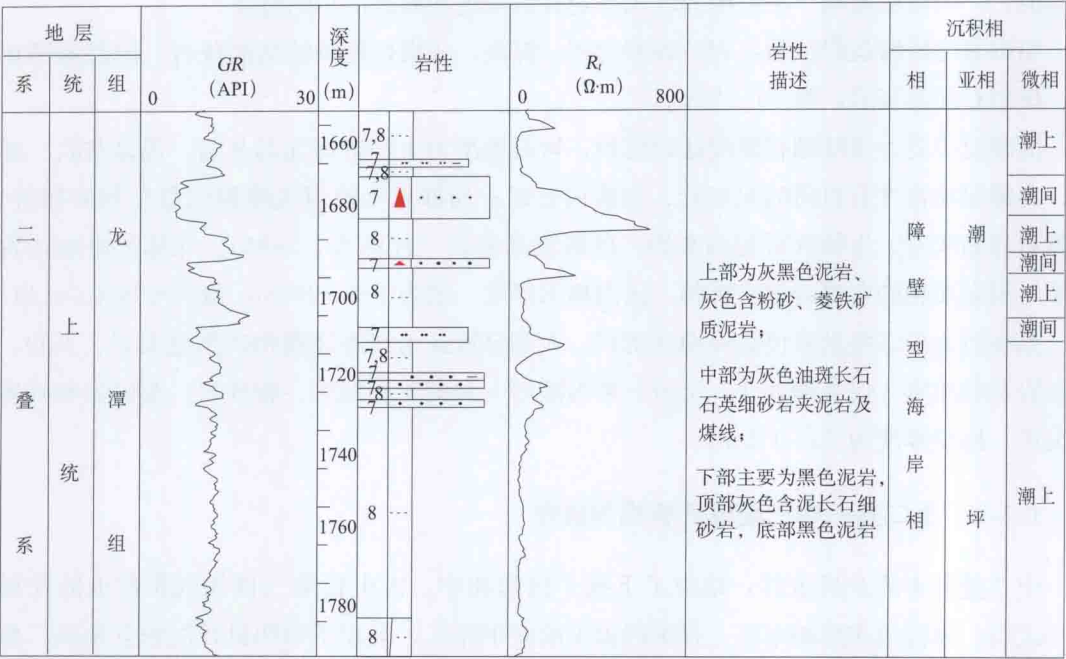


图 1.3.1 苏 174 井龙潭组综合柱状图

1.3.4.3.1 下三叠统青龙组沉积相与展布

青龙组下段具 NW 深、SE 浅的沉积特征，自 NW 向 SE 依次发育陆棚—盆地、台地前缘斜坡、台地边缘礁滩和开阔—局限台地相。陆棚—盆地相位于宁国—溧阳—海安一线以西地区，岩石类型下部以深灰色页岩、钙质页岩为主，夹薄层泥质微晶灰岩，向上石灰岩增多。台地边缘礁滩相主要分布在景德镇—休宁—无锡—南通一带，岩石类型为亮晶砂屑灰岩、鲕粒灰岩、核形石灰岩、砂屑及鲕粒白云岩等（冯增昭，1988）。台地前缘斜坡相和开阔—局限台地相则分别发育于台地边缘礁滩两侧，区内多小于 500m。

青龙组上段沉积格局与早三叠世早期相同，唯水体变浅，沉积相带由 SE 向 NW 迁移，沉积厚度可达 900m。

1.3.4.3.2 中三叠统周冲村组沉积相与展布

海水基本退出本区，仅在芜湖—南京—黄桥一线沉积了干旱的潟湖—海湾相纹层状微晶白云岩、纹层状微晶灰岩、灰黄色角砾岩、硬石膏岩、变晶硬石膏岩，厚度多介于 300~600m。

1.3.4.3.3 中三叠统黄马青组沉积相与地层展布

大部分地区为浅水滨海相沉积，岩石类型下部为灰、深灰色细粒长石石英砂岩与粉砂岩互层；上部为紫红、暗紫红色薄—厚层砂砾岩、砂岩、泥岩。沉积中心位于安庆—南京—南通一带，揭示地层厚度为 600~800m。

1.4 叠合盆地演化

在下扬子区地表地质（图 1.4.1）、地震与非地震资料的基础上，以区域性的不整合或假整合面为依据，结合岩石组合及沉积相、火山活动等，对下扬子区主要构造运动及构造事件

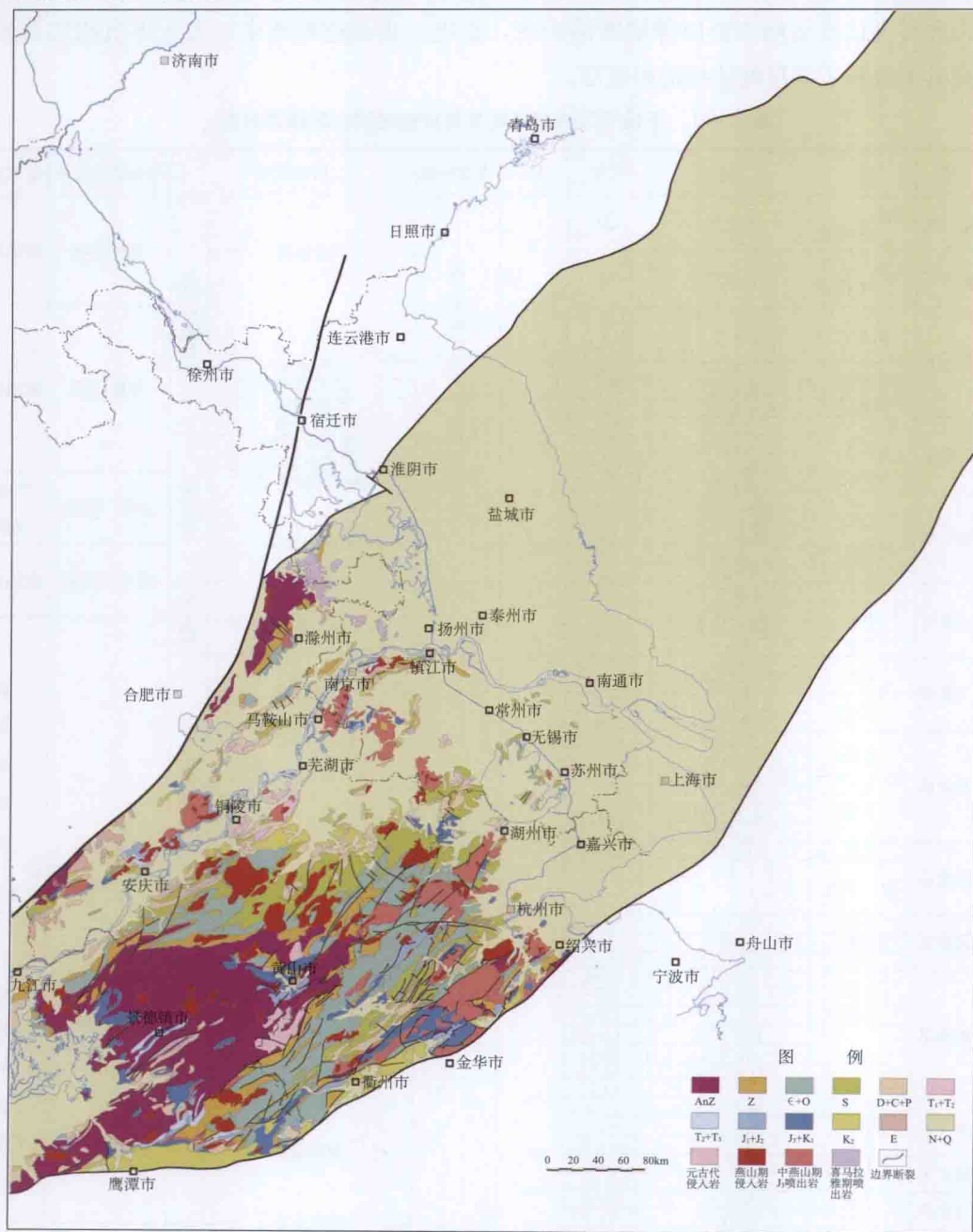


图 1.4.1 下扬子区现今地质图

进行了划分(表 1.4.1)。对下扬子区沉积、构造有明显控制作用的构造运动有晋宁运动、加里东运动、印支运动、燕山运动及喜马拉雅运动。晋宁运动主要以挤压为主,形成了下扬子区统一的褶皱基底;加里东运动主要以整体抬升为主,形成了五通组底部的区域性假整合面;印支运动(包括金子运动和象山运动)和早燕山运动,主要以挤压逆冲推覆为主,对海相中、古生界实体的变形和改造强烈;中燕山运动主要以走滑、挤压为主,火山活动强烈;晚燕山和喜马拉雅运动主要以伸展断陷为主,在进一步改造海相中、古生界沉积实体的同时,在其上沉积了厚层的陆相沉积盖层。

表 1.4.1 下扬子区构造运动与叠合盆地演化阶段划分表

界	系	统	组	代号	Ma	构造阶段	构造运动	构造运动性质	盆地类型			
新生界	第四系	全新更新统	东台组	Qd	2.6	西太平洋活动大陆板块边缘阶段	东台运动	喜马拉雅期	差异升降	坳陷盆地		
	新近系	上新中新统	盐城组	Ny	23.3		三垛运动 真武运动 吴堡运动 仪征运动 (晚燕山运动) 中燕山运动 (黄桥转换事件)		伸展拉张	断陷盆地		
	古近系	渐新统										
		始新统	三垛组	E _{3s}	32							
			戴南组	E _{3d}	56.5							
	古新统	阜宁组	E _{2f}	65								
		泰州组	K _{2t}	83								
	中生界	白垩系	上统	赤山组	K _{2c}		95	稳定大陆板块边缘阶段	早燕山运动	燕山期	走滑、挤压	火山岩盆地
			浦口组	K _{2p}	137							
下统		葛村组	K _{1g}	152								
大王山组		J _{3d}	205									
侏罗系		上统	龙王山组	J _{3l}	227	象山运动	印支期		逆冲、推覆	前陆盆地		
		西横山组	J _{2x}	241								
		中统	北象山组	J _{2b}	250							
		钟山组	J _{1z}	257								
三叠系		上统	范家塘组	T _{3f}	277	金子运动						
		中统	黄马青组	T _{2h}	295							
	下统	周冲村组	T _{2z}	354								
	青龙组	T _{1q}	438									
古生界	二叠系	上统	大隆组	P _{2d}	490	稳定大陆板块边缘阶段	东吴运动	海西期	振荡	陆表海盆地		
		龙潭组	P _{2l}	543								
	下统	孤峰组	P _{1g}	680								
	栖霞组	P _{1q}	800									
	石炭系	上统	船山组	P _{1c}	277		广西运动					
		黄龙组	C _{2h}	295								
		老虎洞组	C _{1-2l}									
		和州组	C _{1h}									
	泥盆系	下统	高骊山组	C _{1g}								
		金陵组	C _{1j}									
上统		五通组	D _{1w}									
中一下统												
新元古界	志留系	上统	茅山组	S _{3m}	438	前扬子板块阶段	桐湾运动		加里东期	裂陷		
		中统	坟头组	S _{2f}								
		下统	高家边组	S _{1g}								
	奥陶系	上统	五峰组	O _{3w}								
		中统	汤头组	O _{2t}								
		汤山组	O _{2s}									
		牯牛潭组	O _{1g}									
	寒武系	下统	大湾组	O _{1d}	490							
		红花园组	O _{1h}									
		仑山组	O _{1l}									
中元古界	震旦系	上统	观音台组	Є _{3g}	543							
		中统	炮台山组	Є _{2p}								
	下统	幕府山组	Є _{1m}	680								
	上统	灯影组	Z _{3dn}									
	下统	陡山沱组	Z _{2h}									
南华系	上统	南沱组	Nh _{3n}	800								
下统	莲沱组	Nh _{1l}										
中元古界	蓟县—长城系		张八岭群	Qb Pt _{2z}		前扬子板块阶段		晋宁期	海槽			

上述各期构造运动决定了不同时期盆地的性质和格局,构造演化则在对海相中、古生界沉积实体叠加、改造,形成叠合盆地的同时,使得下扬子区不同区块海相沉积实体的赋存状态及变形各不相同。

自晋宁运动 I 幕(古—中元古代)形成扬子地块褶皱基底、晋宁运动 II 幕华北—扬子—华夏地块拼接形成古中国大陆以来(常印佛, 1996),下扬子区即已进入陆内演化阶段,先后发育了晚震旦—晚志留世陆缘海盆地、晚泥盆—早三叠世陆表海盆地、中三叠—中侏罗世陆相前陆盆地、晚侏罗—早白垩世陆相火山岩盆地和晚白垩世—第四纪断—坳陷盆地等 5 期不同性质的盆地(图 1.4.2),形成了受多期构造运动改造与叠加的叠合盆地。

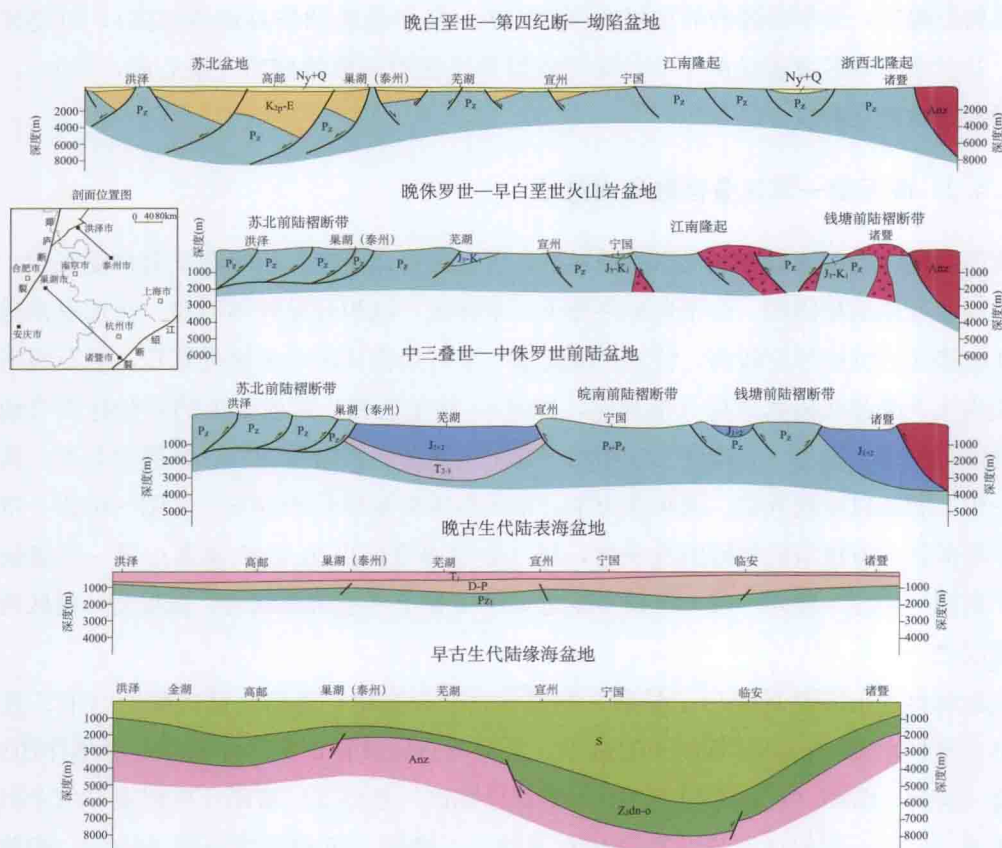


图 1.4.2 下扬子区叠合盆地演化图

1.4.1 晚震旦—晚志留世陆缘海盆地

该盆地为晋宁运动(新元古代)地体拼接后扬子地块边缘发育的陆缘海盆地。受造山后伸展垮塌作用影响,具有受滁河断裂、江南断裂、临安—马金断裂等同沉积伸展断裂控制的陆内裂谷盆地性质。盆地沉积、沉降格局表现出明显的分区、分带性,具有“两台两盆”的特征(中奥陶世后北部滁州海槽逐渐关闭,演变为“两台一盆”)。台地位于宿松—南京—泰州一带及江山—杭州—上海一带,岩石类型以白云岩、生物碎屑灰岩为主,厚度多

介于2000~3000m。盆地位于滁州地区及石台—宁国—安吉一带,岩石类型以硅泥质岩、条带状泥岩与石灰岩为主。滁州地区沉积厚度大于3884m,主要为寒武纪—早奥陶世贡献。石台—宁国—安吉一带沉积厚度达6000余米,为早古生代继承性沉积中心;但晚奥陶—早志留世沉积贡献巨大,安吉地区该套地层厚度大于4000m。受沉积格局控制,该期盆地内发育上震旦统皮园村组及下寒武统幕府山组(或荷塘组)硅泥质岩(厚度可达500余米)、上奥陶统五峰组及下志留统高家边组硅质岩及笔石页岩(泾县—宁国地区厚达798m)两套烃源岩层。受沉降作用影响,沉积中心区下古生界烃源岩在早古生代晚期即已进入生排烃高峰期。

志留纪晚期,受华南强烈的加里东事件影响(扬子地块和华夏地块对接),研究区整体抬升,并在浙皖赣区晚震旦世—早古生代地层发生强烈的褶皱变形(余心起,2006),结束了陆缘海盆地演化阶段。

1.4.2 晚泥盆—早三叠世陆表海盆地

晚泥盆世,受碰撞后伸展垮塌作用影响,研究区自北而南开始逐渐下沉接受沉积,全区进入陆表海盆地演化阶段。由于地形差异小、水体浅,沉积分异性不明显,在加里东运动形成的江南隆起区沉积厚度较薄,特别是晚泥盆—早石炭世该区并未接受沉积,直至晚石炭世才演化为水下隆起或链状孤岛(李双应,1994),接受沉积,形成巨大的碳酸盐岩台地。陆表海盆地沉积以台地相—有障壁海岸相的(含)生物灰岩及碳质泥岩、碎屑岩为主,其中石炭系—中二叠统以生物灰岩、泥灰岩为主,水体最深的地区位于淳安—富阳—杭州一带,沉积了厚层的富含有机质的栖霞组臭灰岩,仅二叠系厚度即可达1000余米;另一次级沉积中心位于铜陵—句容—滁州一带,沉积了厚达1289m的下三叠统泥灰岩、灰泥岩,是区内主要的生油层之一。

陆表海盆地沉降格局经历了早期(晚泥盆世—石炭纪)南高北低向晚期(中二叠世晚期—早三叠世)SE高、NE低转变的过程。受沉降格局及早古生代江南隆起分隔作用影响,在铜陵—句容—常州(可能延伸至南黄海南部拗陷区)及淳安—富阳—杭州发育两个沉降中心。淳安—富阳—杭州区沉降主要发生在石炭—二叠纪,沉积厚度可达2000m;铜陵—句容—常州一带则为晚古生代—早三叠世继承性的沉降中心,沉积厚度累计2000余米。

早三叠世晚期,研究区北部开始抬升、水体变浅。至中三叠世受华南板块(包括扬子地块和华夏地块)与华北板块陆—陆碰撞造山作用影响,研究区NW、SE抬升,海水自NE和SW退出,除沿江地区接受了周冲村组蒸发潟湖相沉积外,其他地区均已抬升成为蚀源区,结束了下扬子区陆表海盆地演化阶段。

1.4.3 中三叠—中侏罗世前陆盆地

早三叠世末,华北板块与华南板块陆—陆碰撞,研究区大部分地区海相中、古生界抬