

PETROLEUM RESOURCES

ASSESSMENT OF CHINA



苏北盆地下第三系低熟油研究和评价

江苏石油勘探局地质科学研究院
江汉石油学院分析测试研究中心

一九九四年二月



登录号	086139
分类号	P534.61
种次号	003

苏北盆地下第三系低熟油研究和评价

524/24



课题负责人：周翥虹、王铁冠

撰写人：包建平、李贤庆、王铁冠、
钟宁宁、胡国艺
(江汉石油学院)



200393323

王文军、周翥虹、黄宛平
(江苏石油勘探局)

参加研究人员：熊波、陈丽萍、纪亚琴
审核人：钱基、毛凤鸣



00783477

江苏石油勘探局地质科学研究院
江汉石油学院分析测试研究中心

石油大学	
图书馆	
赠书	
四年二月	
赠书者：王铁冠	
日期：96.3.25	

目 录

前言	(1)
1 石油地质概况	(4)
1.1 区域地质构造轮廓	(4)
1.2 区域地层简介	(5)
1.3 金湖凹陷地质简述	(8)
2 烃源岩显微组分组成	(10)
2.1 显微组分特征	(10)
2.2 全岩显微组分组成剖析	(14)
2.3 富氢组分剖析	(16)
3 烃源岩有机质丰度与类型	(20)
3.1 有机质丰度	(20)
3.2 有机质类型	(25)
4 烃源岩可溶组分组成	(30)
4.1 沥青 A 的族组成	(30)
4.2 饱和烃生物标志物组成	(31)
4.3 芳烃馏分组成	(47)
4.4 可溶有机质碳同位素组成	(51)
5 原油的地球化学特征	(54)
5.1 原油的轻烃组成	(54)
5.2 原油的族组成	(56)
5.3 饱和烃组成特征	(58)
5.4 芳烃组成特征	(65)
5.5 原油碳同位素组成	(68)
6 油源对比研究	(71)
6.1 金湖凹陷油源研究	(71)
6.2 海安凹陷油源研究	(78)

7	烃源岩有机质演化·····	(85)
7.1	有机质演化的光学标志·····	(85)
7.2	有机质演化的化学标志·····	(87)
7.3	有机质热演化阶段的划分·····	(91)
8	金湖凹陷生烃机制探讨·····	(94)
8.1	基本地质依据·····	(94)
8.2	生烃母质生源构成·····	(95)
8.3	低熟油形成机理·····	(97)
9	烃源岩生烃潜力·····	(102)
9.1	评价参数的选择·····	(102)
9.2	苏北盆地烃源岩生油潜力评价·····	(103)
	结论与建议·····	(109)
	参考文献·····	(110)
	图版说明	
	图版	

前 言

苏北盆地是一个石油地质条件甚为复杂的含油气盆地。自 1956 年开展石油勘探工作以来,先后在高邮、金湖、溱潼、海安、洪泽和盐城等凹陷发现一系列断块构造油气田和油气显示。但是,随着勘探工作的深入,也提出了一些急需解决的石油地质问题:如何正确评价苏北盆地诸凹陷中发现的浅埋藏、低成熟“优质烃源岩”?如何认识低熟油的形成机理、控制因素与分布规律?对这些问题的深入研究不仅有助于提高苏北盆地石油勘探效益,而且也将补充和发展我国陆相油气生成理论,兼具重要的理论与实际意义。为此,江苏石油勘探局地质科学研究所(甲方)与江汉石油学院分析测试研究中心(乙方)经协商决定合作开展苏北盆地第三系低熟油研究和评价工作,在甲方历年工作的基础上,本课题的具体研究任务如下:

1、从研究金湖凹陷范庄、闵北油田的原油与油源岩的关系入手,明确该两地区油藏原油的油源,区别低熟油源中的自生油与外运来油。

2、分析阜二(中)段烃源岩的地化特征及其在金湖凹陷纵、横方向上的变化。纵向上要与其上、下部位对比,横向上要分析其在凹陷不同构造部位间的变化,并对海安、洪泽凹陷的低熟烃源岩进行重点对比研究。

3、联系中国东部地区其他油田低熟油形成条件的研究,研究本区低熟油的形成条件和生烃机理。

根据上述任务,由甲方提供金湖、海安和洪泽凹陷的 48 个烃源岩样品和 11 个原油样,给乙方进行系统的有机地球化学、有机岩石学和同位素地球化学总计 16 个项目的分析研究(表 1、2)。其中除碳同位素分析由中国科学院兰州地质研究所承担分析任务外,其他所有分析项目均由江汉石油学院分析测试研究中心完成的。在实际工作中,因研究工作需要,在原合同书基础上,乙方又增加了某些单项分析,如非烃馏分荧光强度测定等。

本报告着重讨论金湖凹陷阜二段(中)烃源岩显微组分组成、有机质丰度与类型、可溶组分组成、有机质热演化阶段、原油成因类型与油源对比以及低熟油的生烃机制与模式。由于分析样品数量限制(表 2),对海安和洪泽二个凹陷,侧重于对原油和烃源岩有机地球化学特征剖析,探讨其原油和烃源岩的成因联系,在现有分析资料基础上,尽可能与金湖凹陷的原油与烃源岩进行对比。出于研究工作需要,部分研究工作涉及到有关凹陷的上白垩统泰州组(K_2t)的岩样(表 2)。

此外,甲方曾提出要求“探索低熟油生油量的计算方法和试算本区低熟油的生油量”。鉴于目前国内外对低熟油的生烃机制地质模型的研究尚处于初始阶段,其生烃化学机理与数学模型还是石油天然气总公司准备下一步组织攻关的科研项目,本课题暂短的研究期限和有限的经费均不足以完成此项探索性尝试。因此,本报告未能涉及这一方面的工作。

表 1 样品分析工作量一览表

序号	分析项目	设计分析 样品数	实际分析 样品数	备 注
1	有机碳(Corg)	20	24	受样品性质制约,某些项目难以进行,如含油岩心油顶气分析。
2	热解(Rock- <i>eval</i>)	20	24	
3	沥青 A	20	27	
4	族组成分离	31	33	
5	干酪根元素分析(CHO)	20	23	
6	油顶气色谱分析	11	5	
7	饱和烃色谱(ST-GC)	31	33	
8	饱和烃色谱质谱(ST-GC-MS)	31	33	
9	芳烃色谱质谱(AR-GC-MS)	31	33	
10	生油岩碳同位素分析(组分)	120	126	
11	原油碳同位素分析(组分)	55	45	
12	干酪根制备	20	23	
13	反射率测定(R_o)	20	34	
14	显微组分镜检	20	48	
15	荧光光谱分析	20	35	
16	荧光强度测定	20	35	

表 2 分析样品的地质分布

凹陷	层 位	井 号	原油(个)	生油岩(个)		
				全分析样	减项分析样	
金湖凹陷	阜宁组	E ₁ f ₁	李 1 井	0	1	0
		E ₁ f ₂ ^上	卞 12—3 井, 闵 18	0	1	2
		E ₁ f ₂ ^中	河参 1 井; 卞 2 井; 桃 1 井; 南 1 井; 唐 4 井; 范 7 井; 吉 1 井; 塔 5 井; 戴 1 井; 闵 18 井; 雷 2 井; 吕 1 井; 范 1 井	7	10	23
		E ₁ f ₂ ^下	河参 1 井; 闵 15—1 井; 东吴 1 井; 闵 14 井; 范 6 井; 闵 15 井; 范 7	4	0	
海安凹陷	阜宁组	E ₁ f ₂	安 1 井; 安 2 井;	1	1	0
	泰州组	K ₂ t	安 10 井; 安丰 1 井	1	1	0
洪泽凹陷	阜宁组	E ₁ f ₄	管 1 井; 兴隆 1 井; 郑场 1 井;	1	4	0
		E ₁ f ₃	顺 1 井	1	1	
总计样品数(个)			11	23	25	

本报告撰写分工如下:第一章王文军执笔,第二章李贤庆执笔,前言、第三—六章包建平执笔,第七章李贤庆、包建平、钟宁宁执笔,第八章包建平、王铁冠执笔,第九章李贤庆、钟宁宁执笔,全文由王铁冠、王文军统稿,钱基、毛凤鸣、周嘉虹审稿。胡国艺整理色质和同位素资料,黄宛平参加并负责前期研究工作,熊波承担有机岩石学镜鉴工作。陈丽萍、纪亚琴参加采样与资料收集工作。

1 石油地质概况

1.1 区域地质构造轮廓

苏北盆地发育于郯庐大断裂东侧,系受控于北东和北北东向张性断裂活动的。以第三系为主体的中生代断陷——坳陷型沉积盆地。盆地被建湖隆起分割为南部东台坳陷和北部的盐阜坳陷。东台坳陷进一步划分为金湖、高邮、溱潼、海安和白驹凹陷;盐阜坳陷则由洪泽、涟南、涟北和盐城凹陷组成(图 1-1-1)。凹陷明显受控于北北东向张性断裂,每个凹陷基本北北东向展布。

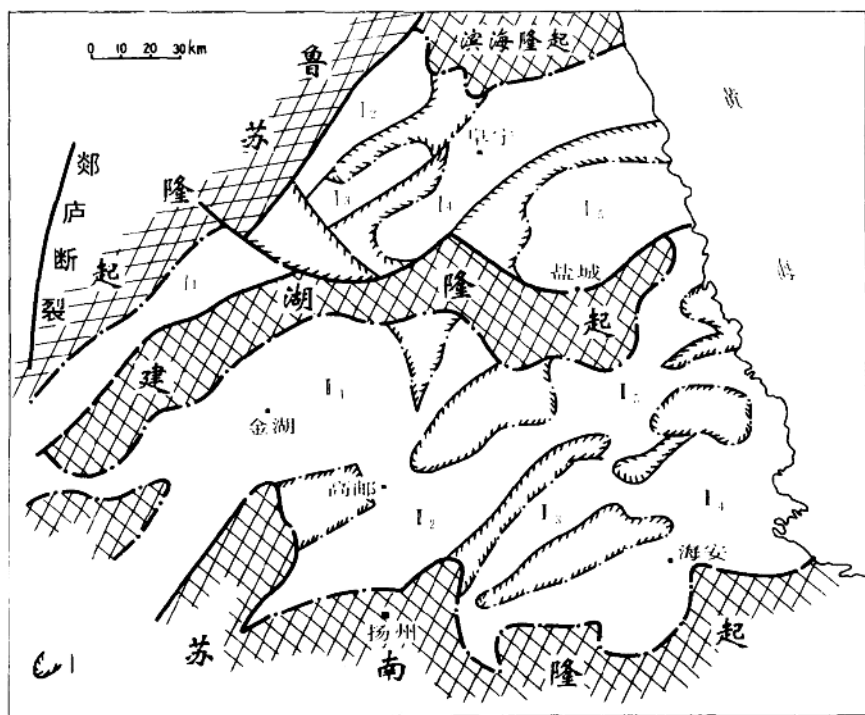


图 1-1-1 苏北盆地构造单元简图

1、盐阜坳陷 1₁、洪泽凹陷 1₂、涟北凹陷 1₃、涟南凹陷 1₄、阜宁凹陷 1₅、盐城凹陷 1₆—低凸起
2、东台坳陷 2₁、金湖凹陷 2₂、高邮凹陷 2₃、溱潼凹陷 2₄、海安凹陷 2₅、白驹凹陷

苏北盆地在其发育的不同阶段经历了多次构造运动,其中规模较大的,有起着盆地奠基作用的仪征运动、吴堡运动和三垛运动,依次将地层划分为三个明显的构造层(表 1-1-1)。

第一构造层由仪征运动构造面之上的上白垩统至古新统,湖相沉积为特征的碎屑岩建造组成,其中包含泰一段—泰二段、阜一段—阜二段、阜三段—阜四段三个岩性由粗变细的正旋回,每个旋回上部受海浸影响使湖盆水体加深,盐度增高,沉积一套与碳酸盐岩有关、富含藻类低等生物组成的烃源岩建造,构成苏北盆地油气生成的物质基础。

第二构造层在吴堡运动断裂抬升,阜宁组顶部遭受风化剥蚀的背景上,由充填式沉积的戴南组和三垛组组成。在戴一段末期和垛一段末期仅在深凹中心有淡水湖相暗色泥岩沉积;大部分以棕色为主的河流相泥岩和砂岩互层沉积为特点,具有较好的储油物性。

第三构造层标志着三垛运动长达 13.4 百万年沉积间断的背景上,盆地由断陷转为坳陷型沉积。由于该构造层盐城组岩性以砂为主,成岩性差,与地表水连通性好,故有地温偏低特征。

由于上述三次构造运动在盆地的东西部表现出十分明显的不均衡性,造成同一构造层在盆地东西部的厚度上有很大差别。吴堡运动表现为东强西弱:西部的洪泽、金湖和高邮凹陷的深凹部位戴南组与阜四段为连续沉积,因此具有较厚的第二构造层,对其下伏烃源岩的保存和热演化创造了十分有利的条件;而东部海安、盐城凹陷,由于构造抬升,第一构造层顶部阜四段遭强烈剥蚀,对烃源岩保存不利,并导致上覆第二构造层总体变薄,仅在凹陷较深部位沉积较厚,从而导致下伏烃源岩古地温偏低,有机质成熟作用发展缓慢。三垛运动则表现为西强东弱:造成西部三垛组的剥蚀和盐一段下部的缺失,从而使第三构造层在西部薄,地温增加减缓,使西部的洪泽和金湖凹陷烃源岩处于缓慢热演化状态;而东部则沉积巨厚的第三构造层,但终因有机质热演化的有效时间短,使生油岩仍表现为未—低熟状态,门限偏深等特点。正是由于构造运动的不均衡性,造成三个构造层的厚度不均匀分布,使得苏北盆地虽有统一沉积的烃源层而其演化程度则显示出不均衡性。

1.2 区域地层简述

苏北盆地第三系(含上白垩统)地层见表 1—1—1,现将第三系(含白垩统)沉积地层自下而上简述之。

1.2.1 泰州组(K_2t)

泰州组是在莫基盆地的仪征运动后形成的沉积建造,与下伏地层呈角度不整合。泰州组纵向上分为泰一段(K_{2t_1})、泰二段(K_{2t_2}),岩性颗粒具有下粗上细的一个正旋回特征。泰一段主要由一套砂砾岩,砂岩夹泥岩以洪积相和河流相等陆上沉积为主。泰二段除盆地西部(如洪泽、金湖)为陆上沉积外,广大的东部地区为海浸影响的湖相沉积,其岩性为一套灰黑色泥岩夹薄层砂岩、泥灰岩、个别鲕状灰岩;在古生物上反映为种类繁多,数量丰富,介形虫繁盛,有时形成介形虫泥灰岩,另外还出现半咸化水的润海星亚科和少量的有孔虫。

1.2.2 阜宁组(E_1f)

1.2.2.1 阜一段(E_{1f_1})

为一套砂泥互层,具有下粗上细正韵律特点,泥岩以棕色为主。由于地形东倾,反映在岩性上东细西粗,东黑西红,东泥西砂特点。阜一段沉积时期,主要发育一套陆相淡水河流相地层。仅在晚期盆地东部的盐城、海安等凹陷形成湖,沉积一套近于阜二段的暗色泥岩,表明在阜一段晚期在盆地东部已受海浸影响。洪泽凹陷沉积一套以红色泥岩为主夹盐膏

层沉积,属干旱闭塞的蒸发环境。

表 1-1-1 苏北盆地地层简表

界	系	统	组	段	代号	最大厚度 m	主要构造运动 及构造层
新 生 界	第四系	全~更 新统	东台组		Qd	317	第三构造层
	上第三系	上~中 新统	盐城组	二段	Ny ²	1038	
				一段	Ny ¹	1149	
	下第三系	渐新统					三垛运动
		始新统	三垛组	二段	E ₂ s ²	848	第二构造层
				一段	E ₂ s ¹	676	
			戴南组	二段	E ₂ d ₂	1002	
				一段	E ₂ d ₁	696	
		古新统	阜宁组	四段	E ₁ f ₄	548	第一构造层
				三段	E ₁ f ₃	507	
				二段	E ₁ f ₂	342	
				一段	E ₁ f ₁	1108	
中 生 界	白垩系	上统	泰州组	二段	K ₂ t ₂	209	仪征运动
				一段	K ₂ t ₁	410	
			赤山组		K ₂ c		

1.2.2.2 阜二段(E₁f₂)

以一套暗色泥岩为主。纵向上具有三分性。下部(E₁f₂^F),以四尖峰底至阜一段顶(图1—2—2)岩性为灰黑色泥岩夹生物灰岩,鲕粒灰岩;盆地西部的金湖凹陷碳酸盐岩、生物灰岩、虫管灰岩和鲕状灰岩及碎屑砂岩发育,而东部则为灰黑泥岩夹薄层灰岩或泥灰岩。中部(E₁f₂^M):七尖峰底至四尖峰底,岩性为灰黑色泥岩夹泥灰岩,在金湖凹陷仍有虫管灰岩及藻化石的生物灰岩。上部(E₁f₂^S),阜三底至七尖峰底,岩性为泥岩、泥灰岩及薄层灰岩组成。

金湖及高邮北坡(兴化—邵伯以西)为浅滩相,而广大的东部地区为半—深湖相。该沉积时期发育大量的介形虫,有时形成介形虫泥灰岩,此时期的藻类亦十分发育。与 K₂t₂、

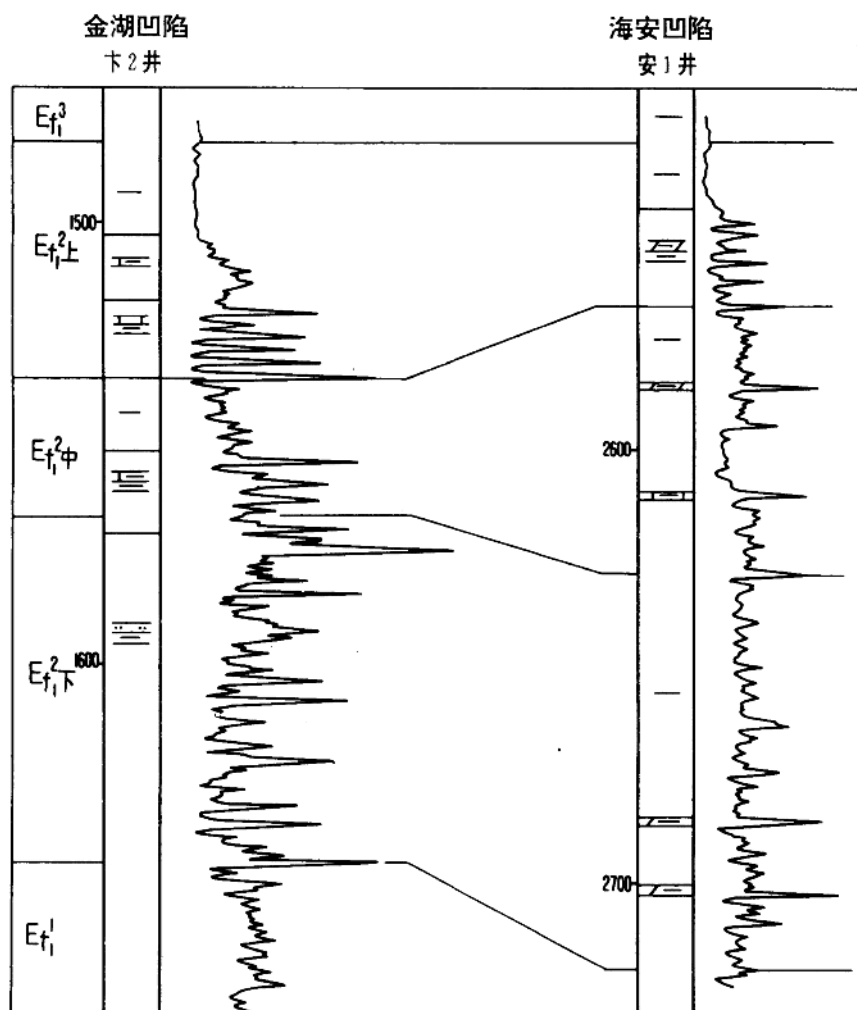


图 1—2—2 阜二段细分层简图

E_1f_4 一样代表着有海侵影响水体球藻、费罗姆藻存在于阜二段(E_1f_2)，另见少量有孔虫化石。因此阜二段沉积时期湖盆经常受到海侵影响。洪泽凹陷顺河次凹富含石膏盐岩沉积，代表继阜一段后继续闭塞泻湖沉积环境。

1. 2. 2. 3 阜三段(E_1f_3)

为一套砂、粉砂和灰黑色泥岩互层组成，具有明显的水退沉积特点。湖相主要分布于秦栏、三河、海安等部分地区；介形虫属浅水环境，此外还有淡水型的轮藻、盘星藻和腹足类分布。洪泽凹陷顺河次凹乃处于封闭泻湖为主的膏盐沉积环境，同时亦有相对淡化时期

沉积的富含有机质的灰黑色泥岩、泥灰岩,为该地区的主要生油岩。

1.2.2.4 阜四段(E_1f_4)

纵向上分为上下两部分。下部(E_1f_4 下)称弹簧段为灰黑泥岩与钙质泥岩组成韵律层,盐城等凹陷则相变为砂泥岩互层,为一浅水湖相沉积。上部(E_1f_4 上)为灰黑色泥岩夹少量薄层泥灰岩、白云岩等;在顶部有一海相的膨胀新单角介层。阜四段上部在凹陷边缘常遭剥蚀,尤为盆地东部的盐城、海安等地区其顶部遭受更强烈剥蚀。阜四段沉积时期,特别是晚期,有明显的海浸影响,湖盆大大扩展,在盆地边缘见有前三三角洲相及虫管灰岩分布。

洪泽凹陷顺河次凹仍处于封闭的泻湖沉积环境,沉积一套膏盐为主的地层。而其南部的管镇次凹仅在此时期沉积一套暗色富含有机质泥岩、泥灰岩夹砂岩沉积,为此区唯一的生油岩。

1.2.3 戴南组(E_2d)

由于吴堡运动表现为东强西弱,同时有强烈的断块抬升,具有明显凹陷分隔性。因此在戴一段(E_2d_1)早期仅在盆地西部的洪泽、金湖、高邮和溱潼深凹部位沉积一套粗碎屑夹棕色泥岩;后期湖侵影响,沉积范围扩大,沉积了一套灰黑色泥岩与砂岩互层的地层,在灰黑色泥岩中有较好生油能力仅限于高邮凹陷深凹中的“五高导”,因其厚度薄,埋深浅为次要生油层。戴南组以河流相为主的陆相碎屑岩堆积地层。

1.2.4 三垛组(E_2s)

三垛组除早期曾发生过一次短暂湖浸的灰黑色泥岩沉积外,均为河流相的砂泥岩沉积。由于三垛运动具有西强东弱的特点,西部洪泽凹陷和金湖凹陷的西部地区,三垛组上部遭受剥蚀。

1.2.5 盐城组(Ny)

由于三垛运动的影响,苏北盆地从晚始新世到渐新世长达 13.4 百万年的沉积间断,严重阻碍了阜宁组生油岩的热演化。盐城组是在沉积间断后沉积的一套以砂泥岩为主的碎屑地层,具有西薄东厚的特点。

1.3 金湖凹陷地质简述

金湖凹陷位于东台拗陷的西端,地跨江苏、安徽两省。下第三系沉积面积约为 5000km²,最大厚度 5000m。凹陷由三河、龙岗和汜水三个主要次级凹陷组成,目前已发现卞塘、杨家坝、闵桥、范庄、南湖、崔庄、刘庄及安徽省的王龙庄、潘庄等油田及含油构造(图 1-3-3)。该凹陷是江苏油田近期勘探的重点地区;亦是本课题研究的重点地区。

金湖凹陷受边界杨村断裂的制约,阜宁组沉积时期为南断北超,南陡北缓的箕状凹陷。根据二维盆地模拟结果,阜宁组沉积时期,除龙岗——三河沉降沉积中心外,东部汜水次凹亦已有显示。吴堡运动时期,由于石港断裂的影响,龙岗——三河解体形成二个沉积次凹。戴南期以龙岗次凹为沉降沉积中心,到三垛期已转为三河次凹沉降沉积中心,三垛运动后,汜水次凹代之三河次凹成为金湖凹陷的沉降沉积中心。由此可见,金湖凹陷内的各次凹如同盆地的各凹陷,仍表现为吴堡运动西弱东强,三垛运动西强东弱的不均衡性。

金湖凹陷处于盆地西端,缺少泰二段生油层,阜四段因凹陷内埋深浅有机质热演化程度低,除龙岗和三河次凹的深部外,大部分处于未一低熟状态;阜二段因有机质丰度高,类型好,埋深较大,使其成为本区的主要生油岩。

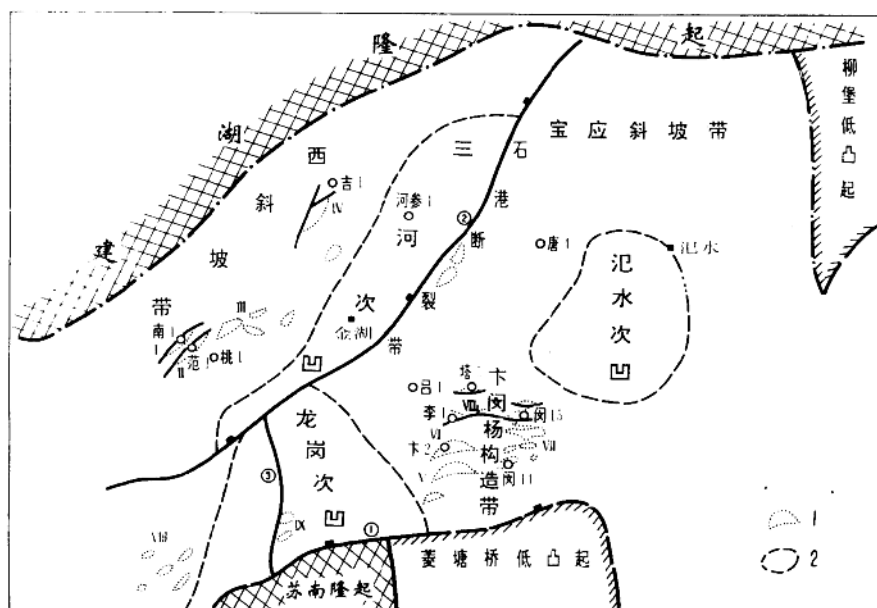


图 1—3—3 金湖凹陷构造简图

- I—南湖油田 II—范庄油田 III—崔庄油田 IV—刘庄油田 V—杨家坝油田
 VI—下东油田 VII—闵桥油田 VIII—闵北油藏 IX—王龙庄油田 X—潘庄油田
 1—油田范围 2—次凹范围 ①—杨村断裂 ②—石港断裂 ③—铜城断裂

2 烃源岩显微组分组成

烃源岩是油气生成的母岩,其中所含有有机质数量和质量直接决定烃类的形成与排驱。在光学显微镜下,烃源岩中有机质呈显微组分的形式存在,因而烃源岩中显微组分含量和组成特征可以反映有机质的数量和质量。本课题采用全岩光片镜鉴的有机岩石学方法,主要对苏北盆地金湖凹陷,同时兼顾洪泽和海安凹陷下第三系和部分上白垩系烃源岩总共 43 个样品进行了系统的显微组分剖析与研究。

2.1 显微组分特征

显微组分是指显微镜下所能识别的有机成分。苏北盆地下第三系烃源岩中已鉴定的显微组分分布见表 2—1—1。各种显微组分的岩石学特征简述如下:

2.1.1 腐泥组

腐泥组显微组分是苏北盆地烃源岩中最主要的组分,约占显微组分总量的 70% 以上。腐泥组显微组分主要是藻类体和矿物沥青基质,含少量沥青质体。

表 2—1—1 苏北盆地下第三系烃源岩中显微组分分布

组	组 分	亚组分	苏北盆地烃源岩中 已鉴定的组分 *
腐泥组	藻类体	藻类体 A	+++
		藻类体 B	+++
	无定形腐泥体	沥青质体	+
		矿物沥青基质	+++
壳质组	孢子体		++
	树脂体		+
	角质体		+
	木栓质体		—
	荧光质体		—
	壳屑体		++
镜质组 (腐殖组)	结构镜质体		+
	无结构镜质体		++
	镜屑体		++
惰性组	丝质体		+
	半丝质体		+
	粗粒体		—
	菌类体		—
	惰屑体		+
动物有机碎屑组	笔石、几丁虫、虫颚、 牙形刺、介形虫等		+
次生有机质 和 沥青组	渗出沥青体		+
	微粒体		—
	各向异性体		—
	油珠、油膜、固体沥青		+

注: * ++ 很常见 ++ 常见 + 偶尔可见 — 未见

2.1.1.1 藻类体数量较多和分布较广是苏北盆地烃源岩的一个显著特点。油浸反光下,藻类体具褐红色内反射,鉴定标志主要依据其荧光特性和荧光下所表现的结构特征。依藻

类细胞结构保存情况,将藻类体划分为藻类体 A 和藻类体 B 两种亚组分。

藻类体 A 具有保存较好的藻类细胞结构。已分析鉴定的烃源岩样品中,单体藻类体和群体藻类体都很常见,前者个体较小,属甲藻类,形态类似于小孢子体,但荧光较强,荧光色为绿黄色至橙黄色,依不同切面方向而呈短条形、园形(图版 I—5,6);后者多属丛粒藻型(绿藻类),垂直层理的切面上显菜花形、椭圆形,外缘具不平整的小齿状,荧光很强,呈黄绿色至鲜黄色(图版 I—7,8)。局部可见藻类体高度富集,构成显微薄层。

藻类体 B,又称无结构藻类体,不显示藻类细胞结构。荧光下,藻类体 B 显绿黄色至橙黄色,荧光强度比藻类体 A 弱,垂直层理的切面呈线纹状、线状和长条形(图版 III—1,2),常与藻类体 A 和矿物沥青基质共生。

2.1.1.2 矿物沥青基质是一种亚显微级的无机物和有机物组成的混合体。严格意义上说,它不属于经典的形态显微组分范畴。荧光性是鉴别矿物沥青基质的唯一标志。荧光显微镜下,矿物沥青基质具明显的颗粒感,为绿黄色、黄色(图版 I—1,4; III—2)。荧光特征取决于其中隐含的有机物性质,其荧光强度(I_{546})为 0.5—2,明显比同一样品中孢子体(I_{546} 约 2—3.5)和藻类体(I_{546} 为 6—12)要弱,但其荧光光谱参数($\lambda_{\max}$ 和 Q)值与孢子体和藻类体无显著差别(表 2—1—2)。因此,测量荧光强度 I_{546} 值,可以更精确地鉴别矿物沥青基质。

表 2—1—2 苏北盆地部分烃源岩样品中显微组分荧光参数比较

凹陷	井号	层位	井深 (米)	镜质 组反 射率 R_o (%)	显微组分荧光参数								
					矿物沥青基质			孢子体			藻类体		
					I_{546}	$\lambda_{\max}$ (nm)	Q	I_{546}	$\lambda_{\max}$ (nm)	Q	I_{546}	$\lambda_{\max}$ (nm)	Q
金湖	李 1	E_1f_4	1214.72	0.63	1.32	/	/	2.11	530	0.75	6.37	535	0.67
	吉 1	$E_1f_2^{\text{中}}$	1366.35	0.53	1.97	/	/	2.58	520	0.62	6.70	535	1.20
	卞 2	$E_1f_2^{\text{中}}$	1554.12	0.63	1.35	/	/	2.56	530	0.60	10.78	530	0.75
	范 6	$E_1f_2^{\text{下}}$	1428.9	0.58	1.80	/	/	3.23	520	0.48	8.86	525	0.71
洪泽	管 1	E_1f_4	894	0.45	1.54	530	0.64	3.05	530	0.77	9.32	525	0.44
	顺 1	E_1f_3	2024	0.63	1.46	/	/	3.34	530	0.64	9.50	530	0.82
	兴隆 1	E_1f_4	2045.63	0.61	0.89	530	0.80	2.16	530	0.89	8.69	530	0.48
	兴隆 1	E_1f_4	2245	0.63	0.54	/	/	2.03	530	0.93	9.79	530	0.67
海安	安 10	K_2t	2800	0.67	1.70	530	0.77	2.58	530	0.76	11.67	530	0.55

注: I_{546} —546nm 处的相对荧光强度, $\lambda_{\max}$ —最大荧光强度波长, Q—红/绿商, 即荧光光谱上 650nm 相对强度与 500nm 相对强度的比值。

2.1.2 壳质组

苏北盆地烃源岩中壳质组常见,可占显微组分总量(含矿物沥青基质)的 0%—18%,该组显微组分主要有孢子体和壳屑体,偶尔可见树脂体和角质体。

2.1.2.1 孢子体来源于高等植物的孢子和花粉。荧光下易于鉴别,特征明显。已分析的烃源岩样品中孢子体皆属小孢子体,荧光色为黄绿色至橙黄色,个体保存完好,不同切面

呈现不同的外廓特征,垂直层理的切面上呈蠕虫状、短条状(图版 I—1,2),平行层理的切面呈园形、椭圆形,有时保留完整的孢粉形貌(图版 I—3)。与一些单体藻类体(藻类体 A)和线状无结构藻类体(藻类体 B)的区别主要在于孢子体具“厚实”感,外壁较厚,荧光强度较弱(表 2—1—2)。在全岩中,孢子体既可成群沿层分布,又可单独出现于矿物沥青基质中。

2.1.2.2 壳屑体是借助荧光才能鉴别的一种显微组分,往往是其它壳质组和腐泥组中形态组分降解或破碎形成的碎屑产物。壳屑体颗粒细小,一般小于 $3\mu\text{m}$,呈短棒状、纤维状和碎屑状,荧光色为黄绿色至橙黄色,全部镶嵌于矿物沥青基质或矿物基质之中(图版 I—4)。苏北盆地烃源岩中壳屑体可能来源主要是藻类体和孢子体,这是因为:(1)藻类体和孢子体是苏北盆地烃源岩中数量最多且最重要的富氢形态组分,树脂体和角质体等其它富氢形态组分很少;(2)显微镜下屡见藻类体和孢子体降解或破碎成壳屑体的迹象,或者藻类体碎屑与壳屑体密切共生在一起(图版 I—4)。

2.1.3 镜质组

起源于高等植物的木质纤维组织。苏北盆地烃源岩中镜质组分布普遍,约占显微组分总量的 1%—15%。镜质组主要由无结构镜质体和镜屑体组成,含部分结构镜质体。

油浸反光下,镜质组呈深灰色至灰白色,不具荧光性。无结构镜质体不显示原始植物细胞结构,呈条带状和各种形态的碎屑颗粒(图版 I—6)。镜屑体颗粒细小,一般小于 $3\mu\text{m}$,散布于矿物沥青基质或矿物基质中,结构镜质体保存较好的原始植物细胞结构(图版 I—1,2),胞腔和胞壁易于分辨,但部分胞壁膨胀,甚至破碎成各种形状的碎片,胞腔多数无充填物,部分胞腔被渗出沥青体所充填(图版 I—3,4,5)。

2.1.4 惰性组

苏北盆地烃源岩中惰性组很少,占显微组分总量的 0%—3%。油浸反光下,惰性组呈灰白至亮黄白色,以高反射率和高突起为特征,无荧光性。所分析的烃源岩样品中,仅偶见到丝质体、半丝质体的碎片和惰屑体(图版 I—7,8),多呈星状、弧状和角状,零星出现于矿物沥青基质和矿物基质中。

2.1.5 次生有机组分

苏北盆地烃源岩中次生有机组分数量虽不多(全岩含量低于 1%),但对烃类的生成和运移具有特殊的指示意义。已分析样品中所见次生组分主要是渗出沥青体,见少量次生沥青。

渗出沥青体是最重要的次生组分。鉴别它的主要标志是其独特的产状和荧光性。渗出沥青体产状多样,往往以裂隙、空隙和胞腔的充填物形式产出,荧光性质变化大,荧光色由绿黄色至橙色变化。根据苏北盆地烃源岩中所见渗出沥青体的产状和荧光性,划分为三种类型:Ⅰ、充填于结构镜质体细胞腔的渗出沥青体(图版 I—4,5;Ⅲ—3,4);Ⅱ、充填于方解石缝隙或裂隙的渗出沥青体(图版Ⅲ—5);Ⅲ、充填于矿物溶蚀孔或粒间孔的渗出沥青体(图版Ⅲ—6,7)。各种渗出沥青体的荧光特征详见表 2—1—3 和图 2—1—1。渗出沥青体产状和荧光性的多变可能反映了不同富氢显微组分生烃排烃的差异。值得指出的是,苏北盆地烃源岩中产出的渗出沥青体均未发现明显的母体衍生关系,即它们与其它显微组分的亲缘关系不明确。

表 2-1-3 不同类型渗出沥青体的荧光特征

渗出沥青体类型	荧光颜色	荧光光谱参数		荧光强度比较	产状与分布
		$\lambda_{\max}$ (nm)	Q		
I	I _a 绿黄色	530	0.78	强	园形、椭圆形、不规则形, 充填结构镜质体细胞腔, 可单独出现, 也可沿层成群分布。
	I _b 橙黄色	590	1.13	中等	
II	II _a 黄色	540	1.36	中等	楔形、长条形、不规则形, 充填方解石缝隙或裂隙, 其大小取决于裂隙的大小, 衍生母体不清楚。
	II _b 橙色	620	1.72	弱	
III	绿黄色	530	0.50	强	园形、似三角形, 颗粒较小, 往往充填于矿物溶蚀孔或粒间孔, 与矿物沥青基质密切共生, 成片分布。

注: 表中 $\lambda_{\max}$ 和 Q 的含义同表 2-1-2。

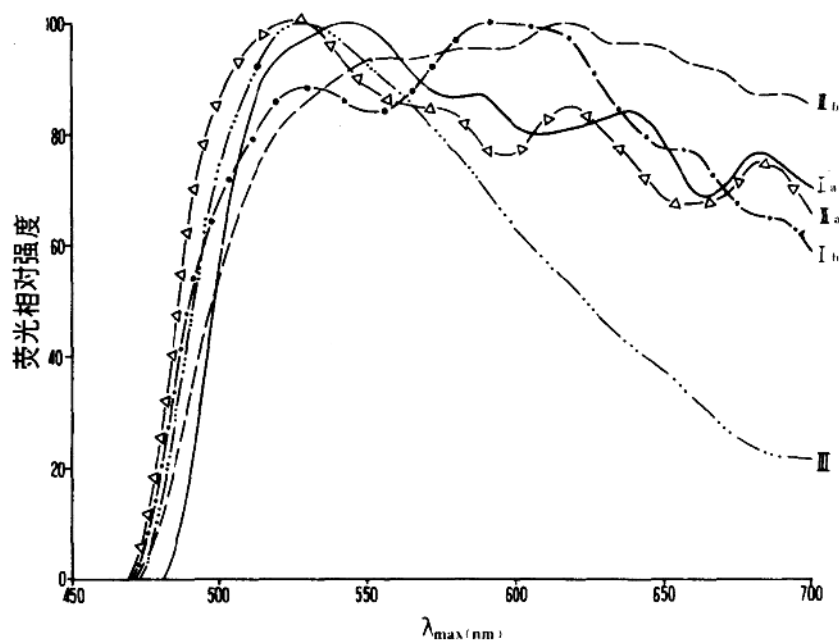


图 2-1-1 不同类型渗出沥青体的荧光光谱图

渗出沥青体类型(I_a、I_b、II_a、II_b、III)划分标志参见表 2-1-3。

渗出沥青体类似于“运移沥青”(Jacob, 1985), 由石油初次运移后残留的重质馏分所组成, 可以作为显微组分生烃和烃类初次运移的直观证据(Zhao 等, 1990)。

2.1.6 动物有机碎屑组分

苏北盆地烃源岩中, 偶见动物有机碎屑组分, 形态特殊, 呈杆状、角状或椭圆状, 发黄至橙色荧光, 强度弱至中等。有的岩样中保留着完整的介形虫壳壁, 呈椭圆形, 壳内钙质交代(图版 Ⅲ-8)。