

长芦-北塘地区原油 成因类型、分布规律及勘探前景

大港石油管理局勘探公司
江汉石油学院分析测试研究中心

一九九五年二月

《长芦—北塘地区原油成因类型、分布规律及勘探前景》

评 议 书

《长芦—北塘地区原油成因类型、分布规律及勘探前景》系大港石油管理局勘探公司、地质研究院（甲方）与江汉石油学院分析测试研究中心（乙方）协作研究项目，自一九九三年四月以来的为期二年内，课题组充分利用其先进的分析测试手段和技术优势，以解剖长芦、北塘地区原油地质、地球化学成因为重点，在完成《北塘凹陷塘 31 井沙三段高凝固点原油化学组成剖析》阶段成果基础上，用近 170 幅图表和约 14 万余文字对工区原油展布规律和烃源岩评价进行了系统的研究和总结。报告的主要特点如下：

1. 基础工作扎实、分析测试项目系统。该课题研究过程中有关人员先后多次来油田进行资料收集、工作商讨、阶段性成果汇报等有关工作，针对工区内五套层系，完成全部 25 个岩样、14 个油样和 1 个油砂样共计 26 项 479 项次的分析测试工作，合同外分析工作量约 35%。其中多数项目属国内最先进，而原油饱和烃馏分场解质谱(FDMS)、芳烃馏分场解质谱(FDMS)分析在油田内属首次开展，这为工区原油成因类型和地球化学意义的剖析奠定了科学基础。

2. 通过系统研究，将工区内原油划分为三种成因类型。对板深 51、51-1、塘 10、塘 20、塘 21、塘 31 等原油的族组成特征、原油轻烃馏分组成、饱和烃系列的宏观和各类化合物构成、芳香甾萜及常规多环芳烃组成及分布、原油与馏分碳稳定同位素组成及其相互关系等进行了系统的研究与分析，总结出本区存在三种成因类型原油（低成熟原油、低成熟成因的后期成熟原油、成熟原油），指出不同构造部位、不同埋深的油藏原油具有不同的成因类型，其地球化学差异较明显。

3. 烃源岩系列地球化学特征决定了长芦—北塘地区原油展布特征。有机岩石学研究表明，本区烃源岩以藻类体、孢子体和壳屑体等富氢的“壳质组+腐泥组”为主要有显微构成，同时强调高等植物的蜡质生源和矿物沥青基质中隐含的有机质对本区烃源岩成烃作用的贡献，因而铸就了本区成烃特征的复杂性。进一步反映在烃源岩碳稳定同位素组成、正烷烃的双峰态或三峰态分布、倍半萜中的 $C_{14} \sim C_{16}$ -补身烷和紫罗烯、脱 A-三萜烷(烯)分布、芳香甾萜类、常规多环芳烃及非烃馏分的组特征上，揭示出本区高等植物有机物的输入和沉

积凹陷深水沉积区低等生源有机质的输入的成烃物质全貌。

4. 利用镜质组反射率、富氢组分荧光特征、 T_{max} 和其它地球化学参数对烃源岩进行了有机质演化阶段划分, 同时在塘 31 井埋深 3000m 的烃源岩中检测出丰富的甾烯、藿烯等不稳定的生物标志物。

5. 从单井声波时差和地震速度谱分析相结合研究北塘凹陷油气初次运移方向和运集条件分析, 在此基础上开展了进一步的烃源岩埋藏史和热演化史研究, 从而突破了单一的地球化学研究, 形成综合评价研究成果。

6. 指出长芦-北塘地区生烃演化规律有别于板桥、歧口凹陷。在进行该地区烃源岩生烃机理分析基础上概括总结出烃源岩的生烃演化模式, 表明在 $R_o < 0.6\%$ 以前以生物类脂物生烃为主, 形成富含“非烃+沥青质”的高密度、高粘度原油, 而 $R_o > 0.60\%$ 的第二阶段则主要以孢子体、藻类体等热解聚成烃为特征, 形成相对密度较低和原油性质相对较好的原油。在强调沉积环境是控制本区油(气)生成特点的主要因素的同时指出区域性剥蚀和沉积间断对生烃作用的影响。

7. 以含油气系统概念为指导, 结合烃源岩有机质富集规律、生烃机理、原油成因类型、泥岩欠压实特征等的分析, 详细分析了长芦-北塘地区原油在纵向上和平面上的分布规律, 为油气勘探部署提供了重要参考依据。

8. 分层系半定量的有机岩石学综价表明, 北塘凹陷中央 Es_3^4 、 Es_3^2 烃源岩面烃潜力较高, 评分最高。同时提出由高过剩压力的高能流体指向低过剩压力带的方向是油气聚集的有利方向, 应成为油气的有利勘探方向。

不足之处:

1. 报告关于勘探前景分析较少, 勘探方向欠明确。
2. 建议在单井分析的基础上展开分层系显微组分展布研究。
3. 该地区古地温梯度及火成岩分布与油气形成的关系是有待深入研究的问题。

综上所述, 该报告基础工作深入, 有关新技术应用较多, 其主要专题研究水平位于国内领先水平, 经评审组专家评议, 一致通过验收, 并给予“优秀”评价。

鉴定技术负责人:

薛士荣

1995年3月30日

前 言

长芦-北塘地区是指夹持于长芦断层以北、汉沽断裂以南的北塘凹陷主体部分。经过多年的勘探与研究,工作已取得实质性突破,已有多口探井喜获工业油流。初步的研究表明,其原油组成特征不仅有别于邻区的板桥油田,而且不同部位、不同产层的原油也存在明显的差别。为配合长芦-北塘地区的油气勘探,摸清原油的成因类型与油气形成条件、分布规律,大港石油管理局勘探公司(甲方)与江汉石油学院分析测试研究中心(乙方)于一九九三年四月共同协商,达成了《长芦-北塘地区原油成因类型、分布规律及勘探前景》的合作研究协议。根据协议,本课题主要有下述方面的研究工作:

1. 采用国内现有的各项分析测试技术,对塘 31 井高凝固点原油化学组成进行深入的精细剖析研究,查明其组成特征,调研其可能的经济价值。
2. 对板深 51、51-1 及塘 10、20、21、井等原油进行系统的分析与成因类型研究,结合地质条件,探索不同成因类型原油的分布规律。
3. 对塘 20、20-1、31 井等沙三段岩样进行有机地球化学、有机岩石学、同位素地球化学的系统分析,在此基础上进行烃源岩评价与油源对比工作。
4. 选择典型的钻井声波测井数据或地震剖面速度谱进行泥岩压实与源岩排烃运移研究。
5. 根据生烃条件分析,计算本区资源量。
6. 综合沉积条件、区域地质条件、油气生成条件、资源潜力及勘探成果等,指出有利的勘探区带,提出勘探部署意见。

其中第 1~4 项为乙方的研究内容,甲方负责第 5、6 两项的研究工作。

1993 年 4 月下旬,甲、乙双方协同完成了取样计划,同期完成了第一次采样,5 月至 11 月完成了所采样品的分析、化验工作。在对塘 31 井原油 22 个项目的分析测试的基础上,12 月双方合作完成了《北塘凹陷塘 31 井沙三段高凝固点原油化学组成剖析》的阶段性的总结报告。次年四月进行了第二次补充取样,至 94 年 10 月,完成了全部 25 个岩样、14 个原油样和 1 油砂样品(见表 1)的共计 26 项 479 项次分析测试工作,比原合同多分析 10 个样品,合同外分析工作约占 35%(见表 2)。在此基础上,双方共同协作完成了该成果的研究报告。

在本课题研究过程中,得到了管理局勘探公司、地质勘探开发研究院有关领导的鼎力支持,研究院区域室和江汉石油学院分析测试中心领导和同行们的大力协助,在此一并致以衷心的感谢!

表1 分析样品统计表

层位	实际完成分析样品数(个)		所采样品井号
	岩石样	原油样	
Ed	1	—	塘 20
Es ₁ ^中	—	1	塘 34-1
Es ₁ ^F	1	3	塘 34、34-1、34-2
Es ₂ ¹	1	1	塘 36、38
Es ₂ ²	9	2	塘 20、20-1、31、36、38、板深 51
Es ₃ ³	3	5	塘 21、31、42、33-2、36-1、板深 51、51-1
Es ₃ ⁴	10	2	塘 10、20、21、30、43、62
C-P	1	—	塘 43

表2 样品分析工作量统计表

序号	分 析 项 目	样品数	分 析 单 位
1	有机碳	23	北京石油勘探开发科学研究院
2	氯仿沥青抽提	26	江汉石油学院
3	族组分分离	41	江汉石油学院
4	干酪根分离	19	江汉石油学院
5	干酪根 C、H、O 元素分析	19	北京石油勘探开发科学研究院
6	岩石热解分析	23	北京石油勘探开发科学研究院
7	饱和烃色谱分析	41	江汉石油学院
8	全油气相色谱分析	3	江汉石油学院
9	原油油顶气相色谱分析	14	江汉石油学院
10	饱和烃色谱/质谱(GC/MS)	41	江汉石油学院
11	芳烃色谱/质谱(GC/MS)	40	江汉石油学院
12	干酪根碳稳定同位素组成	19	北京石油勘探开发科学研究院
13	原油、氯仿沥青及其馏分碳稳定同位素	38	北京石油勘探开发科学研究院
14	饱和烃单体烃同位素	1	中科院兰州地质所
15	镜质组 Ro 测定	23	江汉石油学院
16	全岩显微组分定量统计	23	江汉石油学院
17	孢子体荧光光谱、荧光强度	23	江汉石油学院
18	矿物沥青基质荧光强度、荧光光谱	23	江汉石油学院
19	C ₁ -C ₅ 吸附烃定量	16	地矿部无锡中心实验室
20	C ₁ -C ₉ 吸附烃指纹特征	16	地矿部无锡中心实验室
21	原油非烃馏分色谱/质谱分析	1	江汉石油学院
22	原油物性分析	1	北京石油勘探开发科学研究院
23	原油饱和烃场质谱分析(FDMS)	1	北京石油化工科学研究院
24	原油芳烃馏分场质谱分析(FDMS)	1	北京石油化工科学研究院
25	原油芳烃馏分色谱	1	江汉石油学院
26	原油核磁共振波谱(NMR)	1	北京石油勘探开发科学研究院

目录

前 言

第一章 区域地质简况	(1)
§ 1.1. 构造特征	(1)
1.1.1 深大断裂对次级构造单元的形成与发育具明显的控制作用 对油气的生成、运移与保存均有重大影响	(1)
1.1.2 局部构造具有北东成带、凸凹相间的特点	(1)
§ 1.2 沉积特征	(1)
1.2.1 沉积景观	(2)
1.2.2 沙三段沉积特征	(2)
第二章 油气形成的物质基础	(3)
§ 2.1 沙三段显微组分含量特征	(3)
2.1.1 主要显微组分及其光性特征	(3)
2.1.2 显微组分含量特征	(5)
§ 2.2 常规有机质丰度参数特征	(6)
§ 2.3 有机质类型	(8)
2.3.1 有机显微组分相对组成特征	(8)
2.3.2 干酪根 C、H、O 元素组成	(9)
2.3.3 岩石热解参数特征	(10)
§ 2.4 主要生烃显微组分	(10)
第三章 烃源岩可溶组分地球化学特征	(14)
§ 3.1 族组成及碳稳定同位素分布	(14)
3.1.1 族组成特征	(14)
3.1.2 可溶有机质的碳稳定同位素分布特征	(15)
§ 3.2 吸附烃组成	(16)
3.2.1 $C_1 \sim C_5$ 吸附烃定量分析	(16)
3.2.2 吸附烃指纹特征分析	(16)
§ 3.3 饱和烃馏分组成	(18)
3.3.1 正构烷烃含量与分布特征	(18)
3.3.2 类异戊二烯烷烃	(19)
3.3.3 单甲基支链烷烃	(21)
3.3.4 倍半萜、二萜类	(22)
3.3.5 三环、四环萜烷	(23)
3.3.6 脱 A-三萜烷、脱 A-三萜烯	(23)
3.3.7 三萜类	(24)
3.3.8 胡萝卜烷系列	(26)
3.3.9 烷基环己烷、烷基苯系列	(26)

3.3.10 甾类化合物	(28)
3.3.11 化合物组合特征	(30)
§ 3.4 芳烃馏分组成	(31)
3.4.1 芳香甾萜类	(33)
3.4.2 常规多环芳烃	(37)
§ 3.5 部分中性非烃馏分组成	(38)
3.5.1 酯类	(38)
3.5.2 直链脂肪酮类	(40)
第四章 烃源岩有机质演化	(43)
§ 4.1 有机质演化特征	(43)
4.1.1 镜质组反射率(R_o)基本取决于烃源岩的现今埋深	(43)
4.1.2 富氢显微组分荧光特征可有效反映有机质演化程度	(43)
4.1.3 热解最大峰温 T_{max} 可作为有机质热演化程度的有效标志	(46)
4.1.4 可溶有机质中分子地球化学参数具有独特的作用	(46)
§ 4.2 有机质演化阶段划分	(48)
第五章 北塘凹陷油气运聚条件	(49)
§ 5.1 地层压实规律与速度谱资料解释	(49)
5.1.1 单井压实曲线分析	(49)
5.1.2 速度谱资料的解释	(54)
5.1.3 速度-岩性转换	(57)
§ 5.2 欠压实带的分布与油气初次运移方向	(58)
5.2.1 纵向排液组合与供油层段	(58)
5.2.2 横向欠压实层的分布与初次运移方向	(58)
§ 5.3 源岩埋藏及热演化历史	(63)
5.3.1 方法原理	(65)
5.3.2 有关计算说明	(72)
5.3.3 埋藏史分析	(76)
第六章 原油化学组成剖析	(91)
§ 6.1 原油物性特征及族组	(91)
6.1.1 原油物性特征	(91)
6.1.2 原油族组成	(93)
§ 6.2 原油轻烃馏分组成	(95)
§ 6.3 原油饱和烃馏分组成剖析	(96)
6.3.1 化合物宏观组成	(96)
6.3.2 各类化合物的组成与分布特征	(99)
§ 6.4 原油芳烃馏分组成	(108)
6.4.1 芳香甾萜类组成与分布	(108)
6.4.2 常规多环芳烃组成与分布特征	(114)
§ 6.5 原油及其馏分碳稳定同位素组成	(116)

§ 6.6 油源对比·····	(120)
6.6.1 三藜烷类指纹特征对比 ·····	(120)
6.6.2 甾烷指纹特征对比 ·····	(123)
6.6.3 塘 34-2 井 E_{s1}^F 原油油源探讨 ·····	(123)
第七章 烃源岩生烃模式与油气形成的地质地球化学规律 ·····	(125)
§ 7.1 沉积环境地球化学特征 ·····	(125)
7.1.1 烃源岩中黄铁矿的含量与分布特征 ·····	(125)
7.1.2 烃源岩还原硫含量与原油硫含量特征 ·····	(127)
7.1.3 地层水特征 ·····	(127)
7.1.4 古生物特征 ·····	(127)
7.1.5 烃源岩可溶有机物组成 ·····	(128)
§ 7.2 烃源岩总烃馏分生源构成 ·····	(129)
§ 7.3 生烃机理与生烃模式 ·····	(132)
7.3.1 生烃模式 ·····	(132)
7.3.2 生烃机理 ·····	(132)
§ 7.4 油气形成的地质、地球化学规律 ·····	(134)
7.4.1 沉积环境是控制油(气)生成特点的主要因素 ·····	(134)
7.4.2 烃源岩生源构成和生烃机理决定了该地区下第三系 以生油为其主要特点 ·····	(134)
7.4.3 区域性的沉积间断和地层剥蚀对生烃作用的影响 ·····	(135)
7.4.4 含油气系统事件分析 ·····	(135)
第八章 原油成因类型及分布规律 ·····	(137)
§ 8.1 原油成因类型 ·····	(137)
§ 8.2 原油分布规律 ·····	(139)
8.2.1 原油纵向分布规律 ·····	(139)
8.2.2 平面分布规律 ·····	(142)
第九章 北塘凹陷烃源岩生烃潜力评价 ·····	(144)
§ 9.1 评价参数和赋分标准 ·····	(144)
§ 9.2 北塘凹陷烃源岩生烃潜力对比评 ·····	(145)
9.2.1 北塘凹陷不同层位烃源岩生烃潜力对比评价 ·····	(145)
9.2.2 北塘凹陷不同部位烃源岩生烃潜力对比评价 ·····	(146)
参考文献 ·····	(149)

第一章 区域地质简况

北塘凹陷位于黄骅坳陷北部，北与燕山褶皱带相接，南界为长芦断裂，西临沧县隆起，东部与南堡凹陷及新港构造带相邻。本研究的工作区域为长芦断层以北、汉沽断裂以南的北塘凹陷主体部分。

§ 1.1. 构造特征

长芦—北塘地区横跨北区、中区、南区三个次级构造单元，发育四条主要断裂，各级构造单元之间均以大断裂为界，从而形成了本地区区域构造的基本特点。

1.1.1. 深大断裂对次级构造单元的形成与发育具明显的控制作用，对油气的生成、运移与保存均有重大影响

各深大断裂特征主要表现为：

汉古断裂 为北塘凹陷的边界断层，走向北西，具有断面陡、下切深度大，延伸距离远、活动时代老、延续时间长的特点，对全区的构造演化有显著的影响。

茶淀—新河村断裂 走向北东，断面上陡下缓，断距北大南小，对沉积环境有直接的控制作用，断裂东侧为下第三系湖相沉积区，西侧则为陆相湖滨沉积区。

海河断裂 走向北西，形成于中生代晚期，具有发育早，活动有周期性的特点，沙一段沉积期经历过一次大的活动，上盘缺失沙二、沙一段地层，晚第三纪逐渐衰退。研究区域内该断裂分叉成两条断裂，形成一个断阶带，受北向挤压和北东拉张应力作用，上升盘下第三系地层东移，下降盘西滑，水平扯动 10—20km。

长芦断裂 可能形成于沙三段沉积末期，活动期短，具明显的滑脱作用，其强烈的活动期造成了其上盘沙二段和部分沙一段地层的缺失，沙一中、上~东营组沉积期活动衰退，晚第三纪活动趋于终止。

可见，断裂活动明显影响了区域性的沉积作用，对沉积环境、水体深浅、沉积厚度、烃源岩的生烃演化和烃类的运移等具有主导性作用。

1.1.2 局部构造具有北东成带、凸凹相间的特点

自宁河断隆区向西，依次有宁河低隆起、宁河向斜、西河潜山和涧河向斜四个北东走向、凸凹相间的构造。凹陷区自西而东有于家岭鼻状构造，清河向斜，茶淀—新河构造鼻构造、汉沽向斜等构造，其中塘沽鼻状构造夹持于北塘与板桥凹陷之间，发育于海河断裂上升盘，构造面积约 70km²，是长芦—北塘地区勘探程度相对较高的主要含油气构造。

§ 1.2 沉积特征

北塘凹陷的发育经历了早期深陷沉降、中期断陷频繁上升、晚期回返收缩三个阶段，形成了三种体系的沉积，即早期沙三段冲积~浊积沉积体系，中期沙二、沙一段冲积扇、

砂砾滩~重力流水道沉积体系，晚期东营组三角州沉积体系。

1.2.1. 沉积景观

总体上，具有高低不平、错落起伏的古地形。汉沽断裂以北的高台阶区，与宁河断隆区构造单元相一致，整体上处于侵蚀区；与沧县隆起相邻的至茶淀断裂以西的西部中台阶区，为陆相滨沉积区，下第三系均有发育；茶淀断裂以东，汉沽以南的广大地区为凹陷的湖盆沉积区，湖底地形有水下高地和凹地两大类。由于北塘凹陷紧临黄骅坳陷的主要物源区，有得地理之先势，沉积沙体发育，形成了“满盆砂”的沉积特点。

1.2.2 沙三段沉积特征

凹陷的区域沉积景观决定了其自身的沉积特征。总体上西部中台阶区发育陆相冲积相沉积，中、南部低台阶区发育湖相冲积~浊积沉积，塘沽—长芦地区发育典型的浊流沉积。

沙三段沉积时，新港—涧南一带地层抬起较高(幅度约 200~600m)，西北方向下倾过程中在蔡家堡构造至塘沽构造一带存在一陡坡，大神堂潜山为北部沉积边界。南部塘沽鼻状构造带古~中生界基底的抬升及凹陷早期错落起伏的古地形，可能造就了局部的小型蒸发“盆地”，在清河向斜沙三段就见有膏泥岩夹层沉积。沙三段沉积期沉降、沉积快的区域在汉 1—塘 5—塘 38 井一带，主要为较深湖~深湖相沉积，岩性以深色泥岩，粉砂质泥岩、泥质粉砂岩和砂岩为主，沉积厚度大，一般达 1000~1500m，是油气形成的有利区带。

第二章 油气形成的物质基础

长芦—北塘地区的地质发展历史直接影响了该地区沉积岩分散有机质的含量与组成特征。烃源岩中不同生源类型、不同含量的显微组分的组合构成了油气形成的物质基础。

§ 2.1 沙三段显微组分含量特征

烃源岩中不溶有机质(即有机显微组分)含量与组成是有机岩石学研究的基本内容,也是油气生成的物质条件。采用全岩样品的荧光和反射光相结合的研究方法,对该区烃源岩中有机质的质量和数量进行了详细的剖析。

2.1.1 主要显微组分及其光性特征

依据显微组分的形态、结构、光性、生物先质、成因特征和生烃潜力的差别,长芦—北塘地区烃源岩显微组分的分类及各显微组分的分布频率如表 2-1 所示。

2.1.1.1 镜质组

主要由无结构镜质体和镜屑体组成,结构镜质体甚少,反映高等植物的木质纤维组织经历了充分的凝胶化作用。多以条带状或碎片、碎屑出现(图版 1.2),无荧光,占全岩体积的 0.4~3.0%,生烃能力差。

2.1.1.2 壳质组

组成相对简单,主要由孢子体和壳屑体组成,其含量之和常占壳质组总量的 95% 以上,占全岩体积的 0.1~2.7%。孢子体个体小,但形态保存完整,依切面方向不同而呈蠕虫状、短条状、圆形等(图版 4、5、6、)。其荧光色度和强度随样品成熟度的不同而变化;壳屑体呈黄绿色至黄色荧光,直径一般 $< 3\mu\text{m}$,高度分散于矿物沥青基质或矿物基质中(图版 7、12),其荧光特征为其唯一的鉴别标志,除孢子体等壳质组分为其来源外,该地区普遍发育的藻类体可能为其又一来源。

3.1.1.3 腐泥组

主要为藻类体和矿物沥青基质,沥青质体少见。镜检结果表明,长芦—北塘地区烃源岩以其相对高含量的藻类体(一般占全岩体积 0.2~13.5%)和矿物沥青基质(5.4~81%)明显区别于板桥凹陷烃源岩。

依据细胞结构的保存情况,藻类体可进一步划分为结构藻类体(藻类体 A)和无结构藻类体(藻类体 B)。前者外廓特征清晰,细胞结构保存较好,多见圆形、菜花形的丛粒藻型,具强烈的鲜黄色荧光(图版 8、9);后者不显细胞结构,呈线状或线纹状,荧光色与前者相似,但强度明显较弱(图版 10、11),烃源岩中以后者多见。

矿物沥青基质实质上是一种有机—无机混合基质,荧光色不一(图版 5、9、12),镜下具明显“不纯”的颗粒感而区别于沥青质体(图版 12)。值得注意的是,矿物沥青基质常与藻类体、壳屑体共生,其荧光强度与孢子体有较好的正相关性,但一般弱于孢子体(图 2-1),推测该地区矿物沥青基质中隐含的无机质是与富氢组分(如藻类体、壳屑体等)具有

表 2-1 北塘凹陷沙三段烃源岩显微组分分类及其分布

显微组分分类*		成因	北塘凹陷烃源岩中 显微组分出现频率
组	组分		
镜质组	结构镜质体	高等植物木质纤维 组织凝胶化作用产物	+
	无结构镜质体		+++
	镜屑体		++
壳质组	孢子体	高等植物类脂 物质和分泌物	+++
	树脂体		+
	角质体		+
	木栓质体		-
	壳屑体		++
腐泥组	藻类体	藻类体 A	++
		藻类体 B	+++
	沥青质体		+
	矿物沥青基质		+++
惰性组	丝质体	高等植物木质纤维 组织碳化作用的产物	+
	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、 牙形刺等	动物的有 机质硬体	-
次生有机质 和沥青组	渗出沥青体、微粒体、 油珠、油滴等	富氢显微组分成烃的 次生产物和各种显微 组分热变质产物	-

注: +++ 主要显微组分; ++ 常见显微组分; + 少见显微组分; - 未见或罕见显微组分

* 据程克明、王铁冠、赵师庆、钟宁宁等, 1989, 烃源岩的地球化学及演化特征, “七·五”国家重点科技攻关项目成果报告(54-01-05-02)。

相同来源的“原生”有机质, 而不是类同于歧北凹陷 Es_1^H 源岩中的次生“浸染”物^①。在干酪根制备过程中其“隐含”的有机质常成为干酪根的无定形成分。

2.1.1.4 惰性组

烃源岩中惰性组含量甚少, 偶见有半丝质体、丝质体碎片和惰屑体, 零星分布(图版 2、3)

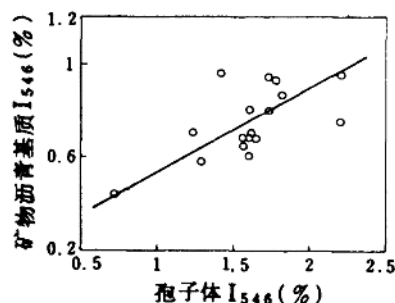


图 2-1 孢子体与矿物沥青基质荧光强度相关图

^① 黄光辉、杨池银等, 1993, 歧北凹陷油气地球化学特征与烃源岩评价(内部)

2.1.2 显微组分含量特征

在显微组分逐一鉴定的基础上, 对各烃源岩样品进行了全岩显微组分的定量统计, 结果列于表 2-2。由于取样条件的限制, 分析样品主要分布于 Ed~Es₃⁴, C-P 仅分析了一个样品。

表 2-2 长芦-北塘地区烃源岩显微组分含量与分布

层位	井号	井深, m	形态显微组分含早(全岩体积), %					矿物沥青基质 (全岩体积), %
			镜质组	惰性组	壳质组	腐泥组	合计	
Ed	塘 20	2133.60	2.0	0.2	0.3	0.6	3.1	1.2
Es ₃ ¹	塘 38	2510.40	3.0	微	1.8	2.7	7.5	22.0
Es ₃ ²	塘 38	2947.00	2.0	微	2.2	13.5	17.7	55.3
	塘 20-1	3090.55	1.6	微	0.5	0.6	2.7	17.6
	塘 38	3093.02	1.1	0.1	0.5	0.6	2.3	20.9
	塘 20-1	3104.00	2.3	0.1	0.7	0.6	3.7	12.1
	塘 20-1	3118.00	1.7	0.1	2.7	4.5	9.0	37.0
	塘 20-1	3122.53	1.0	微	2.0	4.2	7.2	37.3
	板深 51	3491.00	1.6	0.1	1.5	1.5	4.7	52.3
	板深 51	3709.00	1.9	0.3	1.1	0.3	3.6	13.9
Es ₃ ³	塘 31	3009.00	1.5	0.2	0.5	微	2.2	13.0
	塘 31	3068.87	0.8	微	0.7	微	1.5	11.6
	塘 21	3129.00	1.5	0.2	0.9	0.4	3.0	44.6
Es ₃ ⁴	塘 31	3165.70	0.8	微	0.6	0.6	2.0	20.6
	塘 20	2918.00	0.6	微	2.2	1.3	4.1	67.6
	微 20	2919.80	0.9	0.1	1.1	3.4	5.5	46.1
	塘 21	3424.000	0.5	0.1	0.7	2.4	3.7	88.2
	塘 21	3426.00	0.7	0.2	0.6	4.3	5.8	81.0
	塘 30	3461.00	0.9	0.2	0.4	0.2	1.7	2.0
	塘 30	3470.00	1.6	0.2	0.1	2.0	3.9	5.4
	塘 62	3505.00	0.4	微	0.4	微	0.8	11.1
	塘 43	3674.10	0.8	微	0.8	0.2	1.8	19.7
C-P	塘 43	3993.26	0.7	0.1	1.1	0.7	2.6	22.1

由表可见,在平面和层位上,显微组分的含量与分布均具有一定的规律性,具体表现为:

① Ed 、 $Es_1^1 \sim Es_3^3$ 烃源岩,镜质组含量为 $0.8 \sim 3.0\%$,其中含量大于 1% 者约占 85% ,明显高于 Es_4^4 烃源岩; Es_4^4 烃源岩镜质组占 $0.4 \sim 1.6\%$,大于 1% 者不足 15% 。

② 惰性组含量均较低。在壳质组(高等植物生源)和腐泥组(低等水生生物生源)含量的相对比例上,与形态组分(TMC)含量有一定的对应关系,即腐泥组含量越高,TMC含量亦高,反之,则主要表现为“镜质组+壳质组”含量远大于腐泥组、且 TMC 含量较低。如塘 31 井 $3009.00m$ 、 $3068.8m$ Es_3^3 、塘 62 井 $3505.00m$ Es_4^4 烃源岩。

③ 平面上,距离北部、西北部物源区近的凹陷边缘地区样品,镜质组含量较高,腐泥组含量较低,且 TMC 总含量亦较低(图 2-2),如塘 31 井 $3009.00m$ Es_3^3 样品,其镜质组占 1.5% ,TMC 总含量仅 2.2% ,壳质组占 0.5% ,腐泥组呈微量分布;而凹陷中央地区的样品,如塘 21 井 $3424m$ 、 $3426m$ 及塘 20 井 $2918.00m$ 、 $2919.80m$ Es_3^3 泥岩等,镜质组含量较低($<0.9\%$),腐泥组含量较高($1.3 \sim 4.3\%$),TMC 总含量也较高($3.7 \sim 5.8\%$),且腐泥组含量一般大于壳质组含量($0.6 \sim 2.2\%$)。值得一提的是,在 Es_3^3 和 Es_4^4 源岩中存在一些富藻源岩层,其中塘 38 井 $2947.00m$ Es_3^3 泥岩中藻类体含量高达全岩体积的 13.5% ,塘 20-1 井 $3118.00m$ 及 $3122.53m$ 泥岩中藻类体含量亦达 $4.2 \sim 4.5\%$,塘 21 井 $3426.00m$ 泥岩也达到 4.3% 。作为特定环境条件下形成的富氢组分,其生烃意义、生态环境意义是不言而喻的。

由此可见,沉积环境与生烃物质基础(有机质丰度)间的相互关系反映了该地区有机质的富集特点,这种特点还可通过常规有机质丰度参数得到进一步反映。

§ 2.2 常规有机质丰度参数特征

有机碳含量(Corg,%),氯仿沥青含量(A,%),产油潜量 $P_g(S_1+S_2,mg \text{ 烃}/g)$ 等是评价烃源岩有机质丰度的常规地球化学参数,是各类不同含量显微组分组合烃源岩有机质平均化学成份和生烃潜力的反映,可作为烃源岩生烃物质基础的有效度量标志。

综合前人有关分析化验成果,结合本项研究中的实验分析数据,长芦-北塘地区烃源岩常规有机质丰度参数特征如表 2-3 所示。由表可见,地层由老而新有机碳含量、氯仿沥青含量等均表现为降低趋势。其中东营组 Corg 最大仅 0.63% ,平均为 0.29% ,沙一段最大为 0.81% ,平均为 0.49% 。 $Es_1^1 \sim Es_3^3$ 烃源岩中以 Es_2^2 有机质丰度相对较高,平均为 1.27% ,其中塘 38 井 $2947.00m$ 富藻泥岩 Corg 达 7.63% ,氯仿沥青含量最高为 0.5970% ,平均为 0.060% 。 $Es_4^4 \sim Es_5^5$ 各项参数值均较高(表 2-3)。按照黄第藩等提出的我国陆相生油岩有机质丰度的分级评价标准^①, $Ed \sim Es_1$ 整体上属非烃源岩~较差烃源岩, $Es_1^1 \sim Es_2^2$ 为较好~好烃源岩, Es_3^3 、 Es_4^4 为好烃源岩。应引起注意的是,从现有少量分析数据来看,C-P 样品残余有机碳含量亦较高,且其镜质组反射率值也不超过 1.1% ,是否是研究区域内另一套有效烃源岩,值得引起关注。

① 黄第藩、陶国立、王铁冠等,1990,酒东盆地石油地质地球化学综合研究及远景评价(内部)

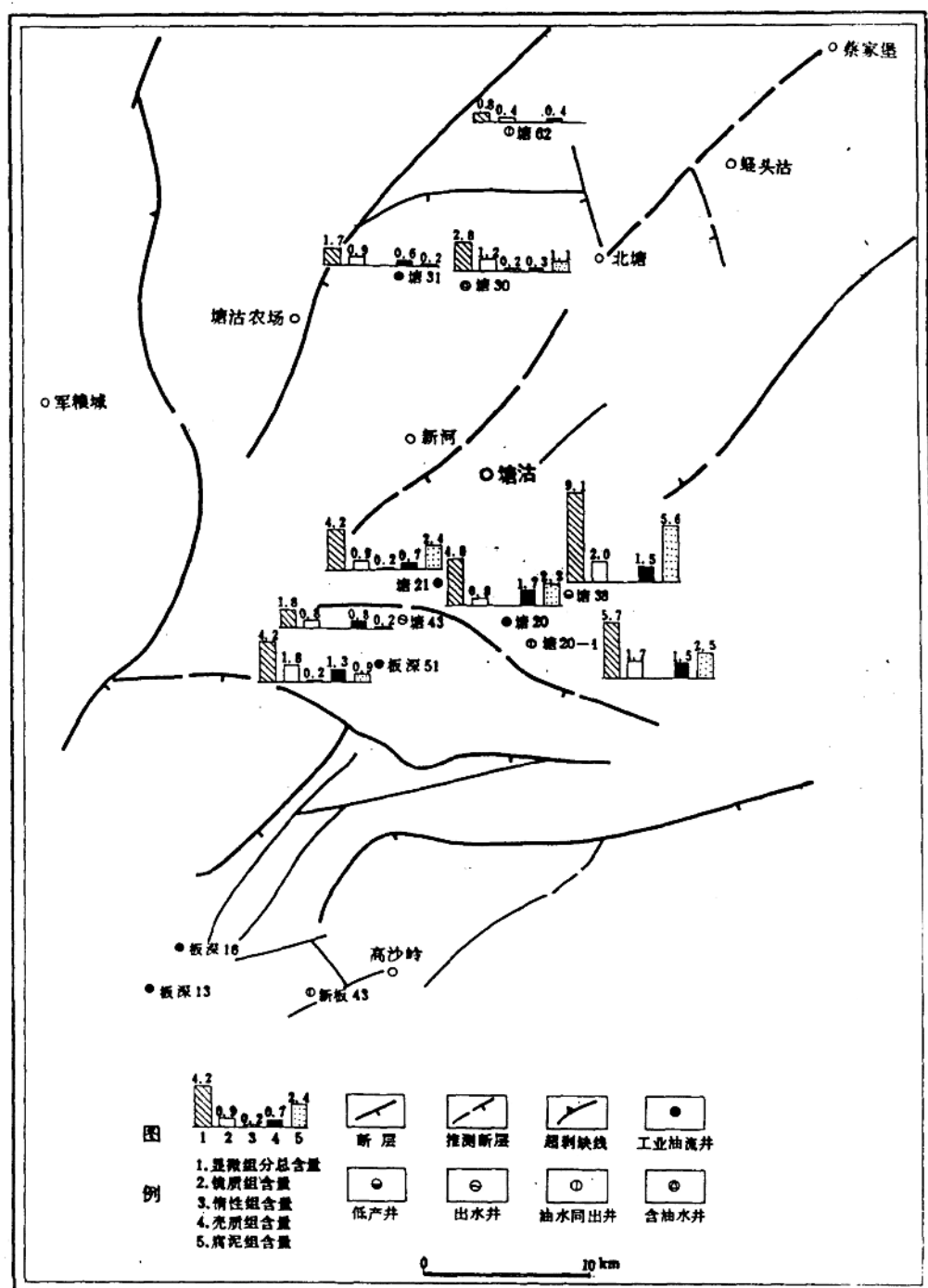


图 2-2 长芦-北塘地区烃源岩显微组分平面分布图

表 2-3 长芦-北塘地区烃源岩常规有机质丰度参数表*

层位	有机碳 Corg, %	氯仿沥青 A, %	总烃含量 HC, ppm	氯仿沥青转化率 A / Corg, %	总烃转化率 HC / Corg, %	产油潜量 Pg, mg / g .
Ed	0.29(128)	0.0228(15)	81(10)	12.65(15)	2.79(9)	0.52(1)
Es ₁	0.49(189)	0.0319(8)	141(6)	8.62(8)	4.42(6)	—
Es ₂ ¹	0.96(113)	0.0781(14)	348(12)	5.49(14)	2.41(12)	18.19(1)
Es ₂ ²	1.27(193)	0.0600(39)	379(26)	5.13(37)	2.87(25)	6.71(9)
Es ₂ ³	0.96(134)	0.0266(18)	171(8)	6.07(16)	3.31(8)	1.00(3)
Es ₂ ⁴	1.23(143)	0.0890(29)	442(22)	7.43(27)	3.97(23)	5.16(8)
E ₃ ⁵	1.16(12)	0.1645(5)	925(5)	14.28(5)	8.00(5)	—
C-P	1.07(2)	0.0440(1)	177(1)	3.61(1)	1.45(1)	0.57(1)

注: 加权平均值, 括号中的数据为样品数

平面上, 同层位烃源岩有机质丰度参数亦表现出有规律的变化, 即由凹陷周边至凹陷腹地, 有机质丰度具有逐渐增高的分布规律。以 Es₂⁴ 源岩为例, 靠近北部、西北部物源区的塘 62、塘 30、塘 31 井源岩, 有机碳含量一般不超过 0.7%, 氯仿沥青含量一般低于 0.005%, 而塘 20、21 井等凹陷中央源岩, Corg 一般大于 1.45%, 氯仿沥青、总烃含量也相应较高, 与显微组分含量与分布特征完全一致(图 2-2)。上述现象再次说明, 烃源岩的沉积、成岩的地质环境对烃源岩生烃的物质基础具有控制作用, 故而对沉积、成岩环境的研究就显得尤为重要。

§ 2.3 有机质类型

有机质类型是研究烃源岩生烃物质基础的又一重要方面。

陆相湖盆烃源岩中的分散有机质通常包含有不同类型的生源母质, 其中藻类体属于典型的 I 型(腐泥型)有机质, 镜质组、惰性组则为典型的 III 型(腐殖型)有机质。为问题研究的简便, 人们习惯于将不同显微组分组合有机质的平均化学成份作为有机质类型的划分与评价依据。

2.3.1 有机显微组分相对组成特征

长芦-北塘地区烃源岩中惰性组贫乏, 镜质组、壳质组、腐泥组构成了烃源岩显微组分组成的主体, 各组分相对含量的高低导致了有机质类型优劣。统计表明, 形态组分组成中, 镜质组占 10~68%(平均 36.3%), 壳质组 3~54%(平均 26.7%), 腐泥组变化较大, 从微量~84%, 在“镜质组+惰性组”、壳质组、腐泥组相对含量三角图中, 研究区域显微组分组成大体有两个点群: 第 I 点群分布在“镜质组+惰性组”为 30~80%、壳质组 10~50%、腐泥组 0~35% 的范围内(图 2-3a), 与板桥凹陷烃源岩相似(图 2-3b)、反映以高等植物生源占优势的显微组分组成特征, 主要为 Ed、Es₂¹~Es₂³ 部分样品及 Es₂⁴ 烃源岩中靠近物源区的塘 30、塘 31 及塘 62 井样品; 第 II 点群分布在“镜质组+腐殖组”相对含量在 10~20%、壳质组 10~55%、腐泥组 30~80% 的范围内, 有低等生源物质占优势、或低等生源与高等植物生源均势的分布特点, 主要为凹陷中央远离物源区的 Es₂⁴ 及 Es₂⁵ 源岩,

有机质类型为Ⅱ~Ⅰ型。不难看出,有机质类型与有机质丰度间具有良好的对应关系,凹陷中央烃源岩有机质丰度高、类型好,凹陷边缘样品,丰度低,类型偏差。

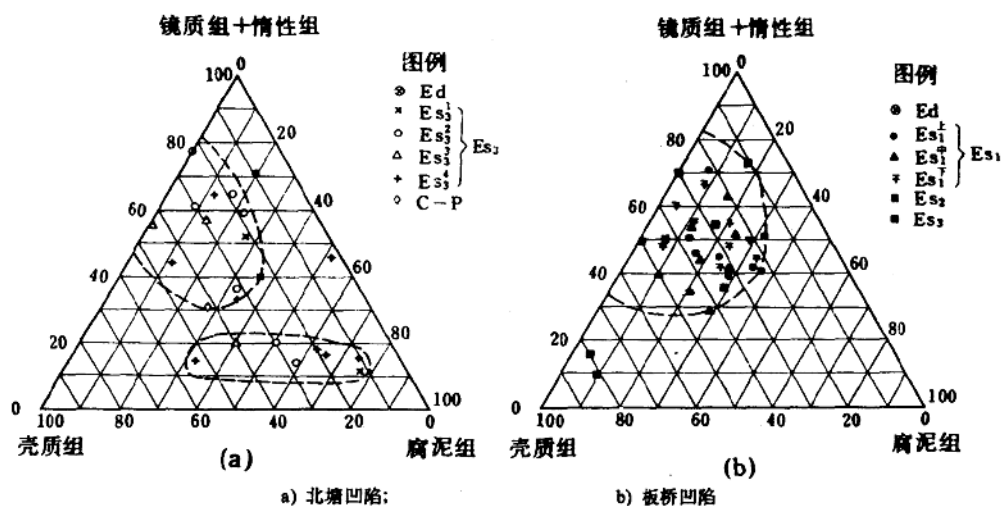


图 2-3 烃源岩显微组分组成及其与板桥凹陷的比较

2.3.2 干酪根 C、H、O 元素组成

干酪根元素组成是不溶有机质平均化学成分的具体表现。从干酪根元素组成范氏图(图 2-4)可以看出, H/C 、 O/C 原子比的分布与显微组分组成面貌所反映的有机质类型特征(图 2-3)基本一致, H/C 原子比与有机碳含量亦具有一定的正相关关系(图 2-5), 再次表征了长芦-北塘地区有机质的富集规律。

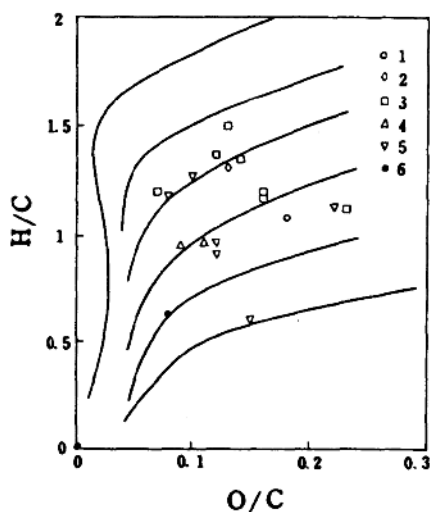


图 2-4 干酪根元素组成范氏图
图中 1~6 同图 2-3 图例

