

泌阳凹陷和枣阳凹陷下第三系生油层的 孢粉化石颜色及有机质类型

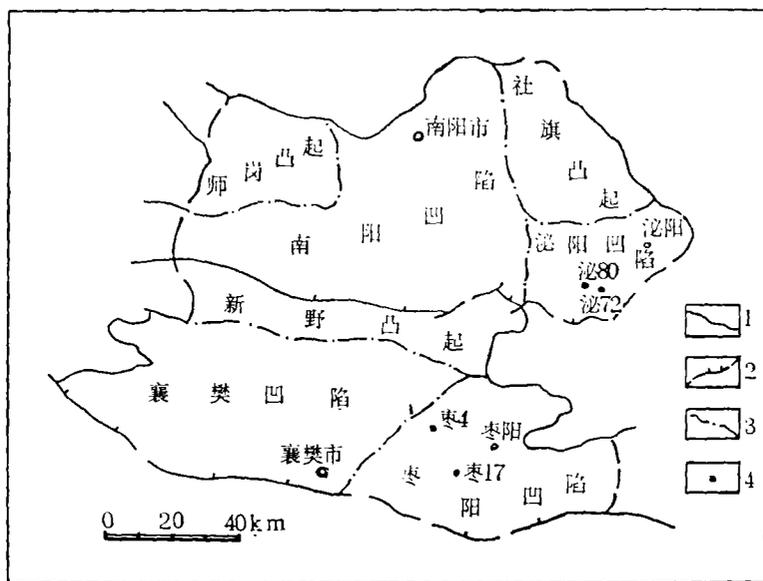
王开发 吴国瑾

阎家林

(同济大学)

(江汉石油研究院)

泌阳凹陷和枣阳凹陷位于南襄盆地的东部，同属白垩-第三系沉积凹陷(图1)。经勘探揭示，这两个凹陷不仅在地层发育，接触关系等方面基本一致，而且两者的沉积旋回性质和主要生油层的沉积时期亦近相同。然而，泌阳凹陷的下第三系含油丰富，以“小而肥”著称，而在枣阳凹陷迄今尚未发现任何规模的油气藏。



1.盆地周界 2.断层 3.盆地内次一级构造界线 4.井位

图1 南襄盆地简图

Fig. 1 Sketch map of Nanyang basin.

泌阳、枣阳两凹陷内的生油层，主要是指下第三系核桃园组的暗色泥岩段。其上覆的廖庄组和下伏的大仓房组、玉皇顶组多为紫红色的碎屑岩(见表1)。近年来，运用化学分析方法对泌阳、枣阳两凹陷的生油岩多有研究，特别是对泌阳凹陷的陆相生油岩和储

表 1 南襄盆地下第三系岩性简表

Table 1 Lithological characters of the lower Tertiary of Nanyang Basin

地 层	岩 性 特 征
下第三系	
岁庄组	棕红、灰紫色泥岩, 粉砂岩, 砂质泥岩及含砾砂岩和砾状砂岩。
核桃园组	深灰、灰色泥岩夹砂岩及褐灰色油页岩顶部和底部夹有红色泥岩和砂岩。
大仓房组	灰紫色泥岩夹薄层浅棕色粉, 细砂岩
王皇顶组	上部为泥质、白云质、灰质、石膏质、砂质岩组成的岩性段, 下部红色泥岩与砂砾岩互层

油岩的地质特征, 已有较为成熟的认识。

笔者运用显微镜观测方法, 对泌阳凹陷和枣阳凹陷内 4 口钻井 (见图 1) 57 个样品的孢粉颜色和有机质类型, 作了较系统的对比研究。在此基础上, 探讨造成两个凹陷生油潜力差异的主要因素。

在讨论观测结果时, 本文将显微镜观测资料与部分化学分析资料作对比, 旨在表明这两种方法所得结果在指示生油岩油气生成潜力时的一致性, 从而为在国内的生油岩评价中应用显微镜观测方法提供实例。

方法与标准

将采集的泌阳、枣阳两凹陷的 57 个样品作统一的盐酸和氢氟酸处理, 然后依照标准的孢粉化石分离方法进行重液 (碘化镉, 比重 = 2.15) 浮选, 使样品中的不溶有机质高度富集。样品处理的整个过程中未曾使用氧化剂或加热样品。

目前国外较流行的根据孢粉颜色指标划分的有机质成熟相见表 2。孢粉化石颜色从黄色到橙色和棕色, 最终达到黑色, 指示了有机质从未成熟到成熟、最后到过成熟的热演化过程。

在对江汉油田有机质成熟度的研究中, 我们曾确立了潜江凹陷下第三系孢粉化石颜色指标确定有机质成熟度的标准 (表 3)。这一标准的确立参照了那里的部分化学分析资料和镜煤反射率测定值, 其结果与表 2 提供的有机质成熟相分带基本吻合。笔者以颜色指数 1-6 分别代表以浅黄色到黑色的六个递进的颜色级别, 与表 2 中的热变指数稍有不同。浅黄色—黄色 (颜色指数 < 2.5) 是未成熟的; 棕黄色 (颜色指数 2.5~3.3) 为成熟的; 棕黄色—棕色 (颜色指数 3.4—4.4) 为高成熟的, 更深的颜色则可能是过成熟的了。在测定泌阳、枣阳两凹陷生油岩的有机质成熟度时, 本文即采用这一标准, 并以潜江凹陷下第三系孢粉颜色分级的标准薄片作为观测鉴定的参照标准。

有机质类型基本上分出三类, 即腐泥型, 过渡型和腐殖型。在镜下, 腐泥型有机质

表2 有机质成熟相 (据J.M.Hunt, 1979.略作删简)
Table 2 Organic maturation facies (after J.M.Hunt, 1979,
slightly simplified)

热 变 指 数	孢 粉 颜 色	有机质成熟度	油 气 生 成
1, 无热变化	浅黄色	未成熟	干 气
1*, 轻微热变化	黄 色		干气, 重质油
2, 适度的热变化	橙 色	成 熟	油, 湿 气
3, 强热变化	棕 色		凝析油、湿气
4, 极强热变化	棕黑色		干 气
5, 岩石变质	黑 色	变质了的	有干气到干气消失

主要为无定形的细小有机质碎片, 为分散状、絮状或团块状, 在团块中偶尔可见藻质体的残余构造 (图版 I, 1、2)。过渡型有机质主要包括植物角质层, 孢子和花粉, 树脂体以及其他一些非木质的有机质碎片 (图版 I, 5、6)。腐殖型有机质是指各类木质的和煤质的碎片, 它们多半是不透明的, 呈棱角状 (图版 I, 7)。实际情况是, 两种以上的有机质类型, 以不同的含量比例混合出现于同一样品中, 因而可有介于腐泥型有机质与过渡型有机质之间的腐殖-腐泥型有机质 (图版 I, 3、4) 以及介于过渡型有机质与腐植型有机质之间的腐泥-腐殖型有机质。一般认为, 腐泥型有机质是良好的生油母质, 过渡型有机质则稍差, 而腐殖型有机质仅具有生成气的的能力。

表3 江汉盆地潜江凹陷下第三系有机质成熟相*
Table 3 Organic maturation facies of the lower Tertiary of Qianjiang
depression, Jianghan Basin

孢粉颜色指数	孢 粉 颜 色	镜质体反射率 (%R _o)	有机质成熟度	油 气 生 成
<2.5	浅黄色到黄色	<0.5	未成熟	生成少量油气
2.5—3.3	棕 黄 色	0.5—1.15	成 熟	生成大量油气
3.4—4.4	棕黄色到棕色	1.16—1.5	高成熟	生成轻质油和湿气

结果与讨论

孢粉颜色与有机质成熟度

在泌阳凹陷, 共观测样品37个, 它们分属2口钻井 (泌80井和泌72井)。其中, 泌

* 据吴国璋, 待刊。

80井的样品数量较多且具系统性。泌80井样品的深度分布范围为750米~3200米,该段地层属下第三系核桃园组。样品岩性多为灰色泥岩或深灰色泥岩。观测结果表明,该井随深度出现的孢粉颜色变化是从黄色到棕黄色,颜色指数的变化范围为2.3—2.9。随着深度增加,地层中棕黄色孢粉化石逐渐增多而黄色者减少。图2直观地表示了这一趋势。由图2可见,泌80井的孢粉颜色变化在深度上可分为二段,二者的分界似应在深度1900米—2000米处。在这一深度以上的地层中,孢粉化石多为黄色,颜色指数多小于2.4;在深度1600米—1900米间,连续4个样品的孢粉颜色指数保持在2.4。当深度超过1900米,颜色指数开始增加,再无颜色指数小于2.4的样品出现,地层中已是棕黄色的孢粉化石居多数。

分析泌72井4个样品,结果见表4。该井的深度3200米—3500米间样品中,孢粉颜色较深,见有较多的棕色化石,至3500米处,孢粉颜色指数达到3.5。

按照表3列出的标准,本文将泌80井深度1900米以上地层作为有机质未成熟段;这一

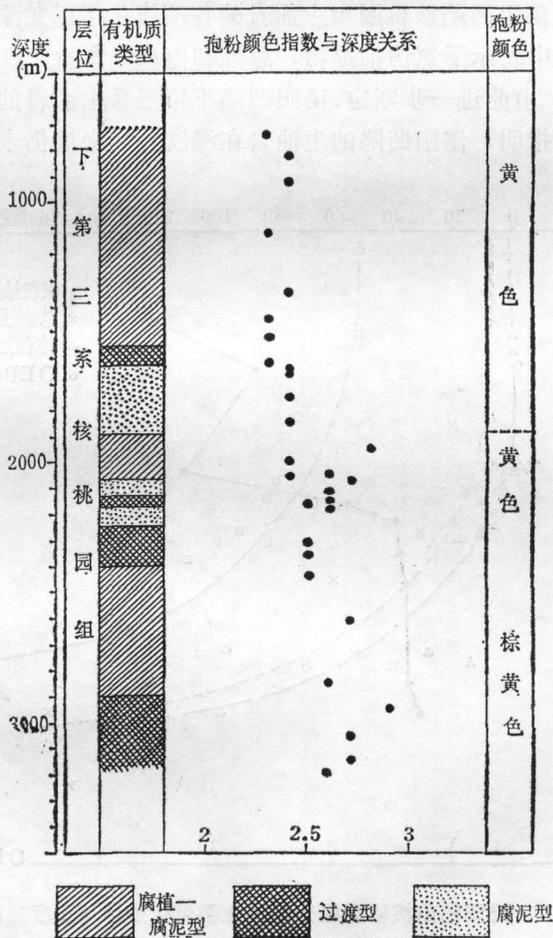


图2 泌80井样品孢粉颜色及有机质类型随深度的变化

Fig. 2 Change of spore-pollen color and organic type with increasing depth of Bi well No.80

表4 泌72井样品孢粉化石颜色及有机质类型

Table 4 Sporo-pollan color and organic type of the samples from Bi well No 72

深度 (米)	层位	岩性	孢粉化石颜色	颜色指数	有机质类型
3200—3210	下第三系核桃园组	深灰、黑色泥岩	棕黄色	2.7	腐殖型
3306—3310		深灰色泥岩	棕黄色	3.1	腐殖-腐泥型
3400—3405		灰黑色泥岩	棕黄色	2.7	腐泥型
3490—3500		深灰色泥岩	棕黄色-棕色	3.5	腐殖-腐泥型

深度以下为成熟段。泌72井的3200~3600米深度范围内，有机质已接近高成熟。化学分析资料支持这一划分。泌阳凹陷核桃园组生油岩的各项演化指标在深度1800米—1900米处均有明显变化。图3中表示了氯仿抽提物，总烃和饱和烃含量，OEP值等主要演化指标随深度出现的变化。由此进一步断定，泌阳凹陷下第三系生油岩的门限深度为1900米。泌72井的观测结果则指明，泌阳凹陷的生油岩在深度3500米处仍未达到过成熟。

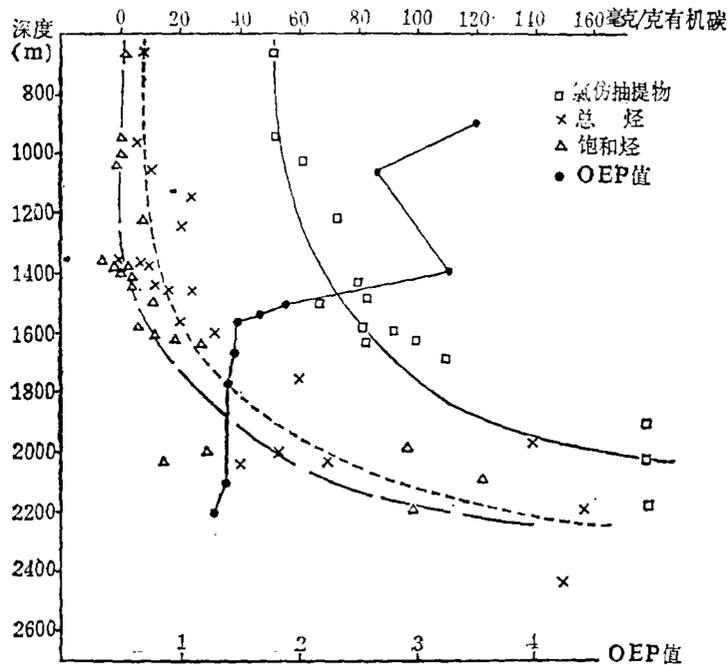


图3 泌阳凹陷核桃园组生油岩主要演化指标与深度关系

(据武汉地院, 河南石油研究所, 1980)

Fig. 3 Relationship between the main evolutionary indicators of source rocks of Hetaoyuan formation and depth in Biyang depression

在枣阳凹陷, 共对枣17井和枣4井中20个样品作了观测, 结果分别以表5和表6列出。表5中, 枣17井样品的深度分布范围是615米—1454米。其间, 孢粉化石多为黄色, 也见到较多浅黄色的孢粉化石。颜色指数的变化范围为1.5—2.3, 与指示有机质达到初成熟的2.5相比, 显然不足。

由枣17井核桃园组样品的显微镜观测得出的这一结论与在枣阳凹陷获取的化学分析资料基本符合。据化学分析, 这里的核桃园组各项演化指标均表明其成熟度低。总烃和饱和烃含量低, 正烷烃碳数分布曲线多数呈明显的锯齿状, 主峰碳位于 C_{27} , OEP值大于3, 具有明显的奇数碳优势。

表5 枣17井样品孢粉化石颜色及有机质类型

Table 5 Sporo-pollen color and organic matter type of the samples from Zao Well No 17

深度 (米)	层位	岩性	孢粉化石颜色	颜色指数	有机质类型
615—616	下第三系核桃园组	灰色泥岩	黄色	1.9	腐植-腐泥型
704—730		灰色泥岩	黄色	2.1	腐泥型
832—833		深灰色泥岩	黄色	2.3	腐植-腐泥型
864.5—864.9		灰色泥岩	黄色	2.3	腐植-腐泥型
893—893.5		灰色泥岩	黄色	2.2	腐植-腐泥型
1036—1036.5		灰色泥岩	未见化石		腐泥型
1102.5—1104.5		深灰色泥岩	浅黄色 黄色	1.5	腐植-腐泥型
1150—1151		深灰色泥岩	黄色	1.8	腐泥型
1160—1161		深灰色泥岩	未见化石		腐泥型
1193—1195		深灰色泥岩	浅黄色-黄色	1.6	过渡型
1250—1309		灰色泥岩	黄色	1.8	腐泥型
1296—1307		深灰色泥岩	黄色	1.8	腐泥型
1433—1478		灰色泥岩	黄色	1.9	腐泥型
1434—1454		深灰色泥岩	黄色	2.1	腐泥型

钻探查明, 枣阳凹陷下第三系核桃园组的今埋藏深度除凹陷的沉积中心外, 大多浅于1500米。埋藏浅, 是造成有机质热演化程度低的主要因素。反之, 泌阳凹陷的同属核桃园组的生油岩, 其今埋藏深度大多处于1600米以下, 最大可逾3500米。由此可见, 泌阳凹陷生油岩中的有机质具备了利于热演化的良好的地质环境。

表6中, 枣4井样品的深度范围为1500米到2531.5米。在这些深度大于1500米的样品中, 孢粉化石多为棕黄色, 颜色指数多大于2.5, 指示有机质达到成熟。但是, 这些样品已属于核桃园组下伏的大仓房组和玉皇顶组。

有机质类型

本文中的图2, 表4, 表5和表6也分别列出了泌阳、枣阳两凹陷内经观测样品所包含

表6 枣4井样品孢粉化石颜色及有机质类型

Table 6 Sporo-pollen color and organic matter type of the samples from Zao Well No 4

深度 (米)	层位	岩性	孢粉化石颜色	颜色指数	有机质类型
1500—1568	大仓房组	绿灰、灰色泥岩	黄色-棕黄色	2.6	腐殖-腐泥型
1628—1760		绿灰、灰色泥岩	黄色-棕黄色	2.6	过渡型
1805.5—1906.0	下第三系	绿灰、灰色泥岩	棕黄色	2.8	腐殖型
1833—2104		深灰色泥岩	黄色-棕黄色	2.5	腐泥型
2258—2363		玉皇顶组	绿灰、灰色泥岩	棕黄色	2.7
2406—2531.5		灰色泥岩	棕黄色	2.7	腐殖型

的有机质类型。泌80井的核桃园组样品,含有机质类型多为腐泥型到过渡型。随深度不同,两者混合的含量多有变化,但不甚大。由图3中可见在一些层段是以腐泥型有机质为主,而另一些层段则多见过渡型有机质。泌72井中有个别样品主要含腐殖型有机质,但多数是以腐泥型有机质为主(见表4)。许多研究证明,腐泥型有机质主要是由水生生物和部分陆生植物在还原环境下经强烈的生物-化学改造而成,是良好的生油母质。多年来对泌阳凹陷下第三系沉积相的研究成果表明,核桃园组沉积时期正好是古湖盆扩大的全盛时期,当时水体较深,沉积物粒度很细,有机质来源丰富。湖盆内水生生物,特别是低等浮游生物、藻类、菌类大量繁殖。笔者在镜下鉴定时多见藻类化石(如盘星藻、圆褶藻等,见图版I, 8),并且在有的样品中,藻类化石含量较高。与湖盆内水生生物不断繁盛、死亡、沉积、掩埋之同时,湖盆地周缘或稍远的陆地上也持续地凭借流水和风力供给沉积物以部分陆生有机质。所以使泌阳凹陷核桃园组地层中包含了这类腐泥型的有机质,为生油提供了较好的物质基础。

枣阳凹陷枣17井样品观测结果显示,这里多含腐泥型有机质。可见在核桃园组暗色泥岩沉积时,陆生有机质较少加入。枣4井中大仓房组和玉皇顶组的样品,较多含腐殖型有机质和过渡型有机质。这正是由于不同于核桃园组的大仓房组和玉皇顶组形成时的环境造成的,那时的湖盆地还不很大,水体也较浅,不利于水生生物大量繁殖生长,沉积的多是搬运而来的陆生植物。

生油潜力

根据化学分析资料,泌阳凹陷生油岩的有机碳含量为1.45—2.93%。显然,这一数据表明其有机质含量在国内的陆相生油岩中当属上乘。枣阳凹陷核桃园组暗色泥岩的有机碳含量平均为0.80%,虽及不上泌阳凹陷,但其有机质含量也在较好的陆相生油岩之列。

从本文列举的显微镜观测结果看,泌阳、枣阳两凹陷核桃园组的有机质类型基本相同,属于腐泥型有机质到过渡型有机质,是较好的生油母质。

至此,在以孢粉颜色指标和有机质类型两者为依据确立的生油潜力评价图式上,标

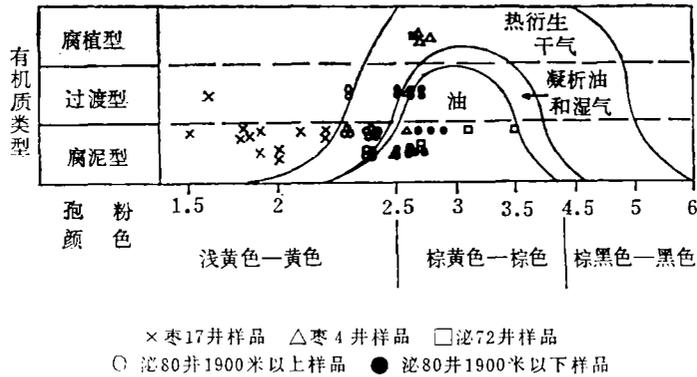


图4 泌阳、枣阳凹陷生油潜力评价图

Fig. 4 Evaluation map of oil generation of Biyang and Zaoyang depressions

出泌阳、枣阳两凹陷的样品观测结果(图4)。由图4中点群的分布型式可见,分布在生油区内的点群主要由泌80井深度1900米以下的样品和泌72井的样品组成;分布在图4左侧非生油区的点主要是枣17井的样品和泌80井深度1900米以上的样品。成熟度方面的差异是造成这一点群分布的主要因素。枣4井的样品点多处于图4上部的非生油区,这表明它们的有机质类型不利于生油。另外,这些样品属于大仓房组和玉皇顶组,化学分析指明这两组地层的有机质含量低,难以作为生油岩。

结 语

尽管泌阳凹陷和枣阳凹陷都拥有较厚的下第三系核桃园组暗色泥岩,但各项生油指标表明两者的生油潜力迥然有异。本文提供的显微镜观测结果指明,有机质类型较利于生油,是两个凹陷所共享的良好条件,但是两处的有机质成熟度有着明显的不同。根据孢粉颜色指标可以断定,泌阳凹陷核桃园组的暗色泥岩,在其今埋藏深度1900米以下,有机质达到成熟。因此,由1900米至大约3500米的范围内,生油岩有着较雄厚的生油潜力。枣阳凹陷核桃园组的暗色泥岩,有机质含量不及泌阳凹陷,但有机质热演化程度低是造成其生油潜力贫乏的最重要因素。

近年来所积累的关于泌阳、枣阳两凹陷生油岩研究的有机地化化学分析资料支持上述的结论。

本方法研究费用低廉,操作简便,又能较快取得结果,对于生油岩评价是一种颇为有效的手段,应引起石油地质研究者的重视。

本项研究得到江汉石油研究院综合室罗天明的不少帮助,在此谨表谢意。

(收稿日期1983年5月18日)

参 考 文 献

- [1] 朱水安, 徐世荣等, 1981, 河南泌阳凹陷的石油地质特征, 石油学报, 第2卷2期。
- [2] 西北大学地质系石油地质教研室, 1979, 石油地质学, 地质出版社。
- [3] B、P、蒂索, D、H、威尔特、石油形成和分布——油气勘探新途径。郝石生等译, 1982。
石油工业出版社
- [4] J. M. Hunt, 1979, Petroleum Geochemistry and Geology, W. H. Freeman and Company San Francisco.
- [5] F. L. Staplin, 1969, Sedimentary Organic Matter, Organic Metamorphism and Oil and Gas Occurrence, Bull. Canadian Petroleum Geology, V. 17, No.1, 47—66
- [6] B. Durand, 1980, Kerogen-insoluble Organic Matter from Sedimentary Rocks, Techip-Paris.

ON SPORO-POLLEN COLOR AND ORGANIC MATTER TYPES OF LOWER TERTIARY IN BIYANG AND ZAOYANG DEPRESSIONS, NANXIANG BASIN

Wang Kaifa Wu Guoxuan

(Tongji University)

Yan Jialin

(Jiangnan Institute of Petroleum Science)

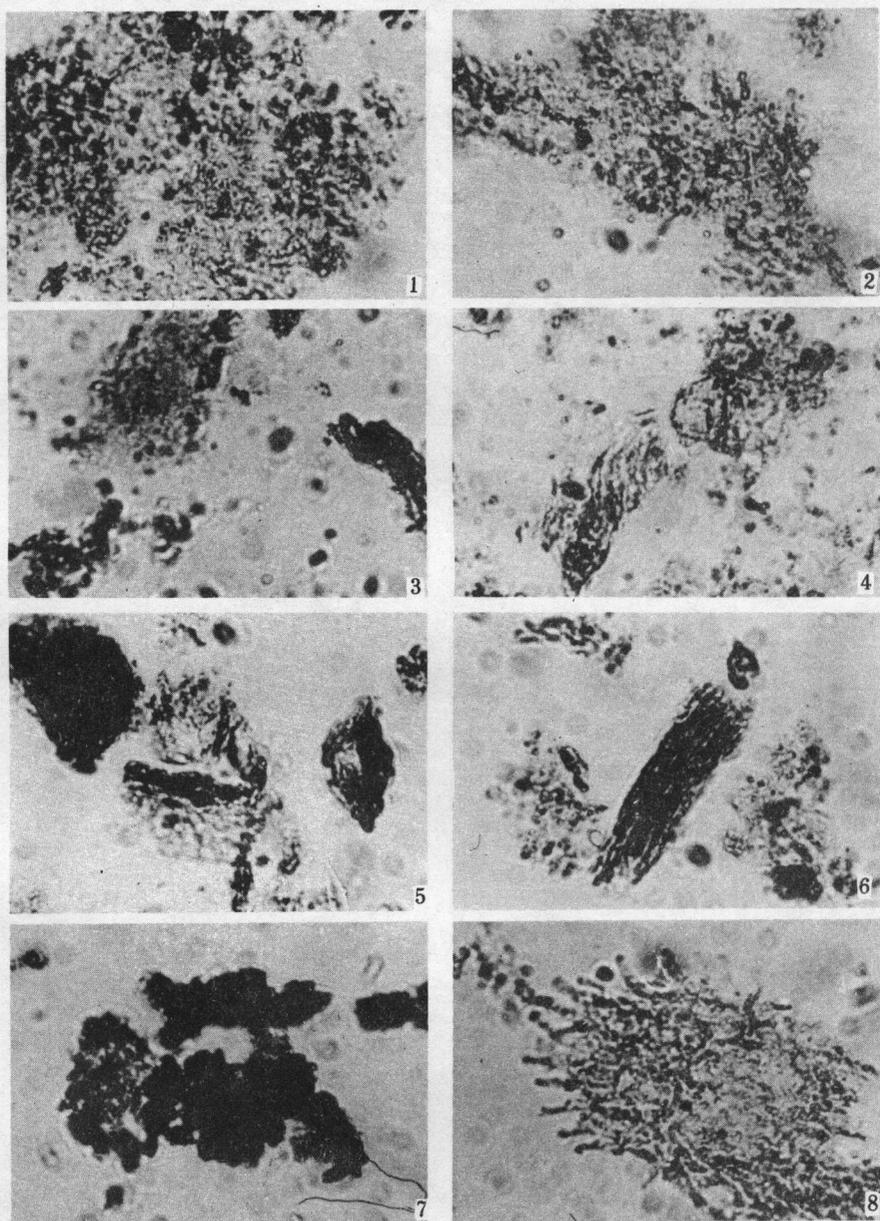
Abstract

This paper deals with the visual observation of sporo-pollen color and organic matter types of the 4 wells of the Biyang and Zaoyang depressions (a total of 57 samples). All of the samples were treated with hydrochloric and hydrofluoric acids to remove carbonates and silicates, then the organic materials contained in them were concentrated by means of heavy liquid (CdI_2). Sporo-pollen fossils and other organic matters were observed under transmission microscope. Based on the variations of sporo-pollen color, three organic maturation facies may be distinguished: (i) the light yellow and yellow are immature, (ii) the yellowish-brown and brown indicate mature to highly mature, and (iii) the dark brownish-black and black are metamorphosed. Dry gas and possibly heavy oil could be generated in the immature facies; oil, condensate and wet gas could be found in the mature to highly mature facies;

only dry gas could be produced in the metamorphosed facies. Three main types of organic matters in sedimentary rocks can be determined under transmission microscope, e.g. sapropel type, humus type and transitional type. In the mature to highly mature facies, the sapropel type and transitional type produce oil, condensate and wet gas, whereas humus type forms only dry gas.

In the Biyang depression, the colors of spore-pollen fossils from the sediments at the depth of <1900m range from light yellow to yellow, and the sediments contain predominantly organic matters of sapropel type and transitional type. For strata at the depth of 1900—3500m (belonging to the Hetaoyuan formation of the Lower Tertiary), the spore-pollen fossils are mainly yellowish-brown, and organic matters of sapropel type and transitional type predominate in this interval. The colors of spore-pollen fossils from Hetaoyuan formation in the Zaoyang depression, which is generally shallower than 1600m in depth, range from light yellow to yellow. The Hetaoyuan formation in this depression contains a predominance of organic matters of sapropel type and transitional type. In the underlying Dacangfang and Yuhuangdin formations of the Lower Tertiary, the spore-pollen fossils are mostly yellowish-brown, but these intervals contain mainly organic matters of humus type and transitional type.

The above results show that the source rocks of the Lower Tertiary in the Biyang and Zaoyang depressions contain predominantly organic matters of sapropel type and transitional type, which bear great oil potential. On the basis of spore-pollen color indication, the threshold value for organic maturation and oil generation is the 1900m depth in the Biyang depression, and the organic matters at the depth of 3500m are mature and highly mature. Therefore the strata at the depth of 1900—3500m bear a good oil-generating potential. In the Zaoyang depression, the organic matters contained in the possible source rocks of the Lower Tertiary are immature and, therefore, oil generation could not be expected.



1.腐泥型有机质(泌80井)。 2.腐泥型有机质(泌80井)。 3.介于腐泥型与过渡型之间的腐植——腐泥型有机质(泌80井)。 4.介于腐泥型与过渡型之间的腐植——腐泥型有机质(泌80井)。 5.过渡型有机质(泌80井) 6.过渡型有机质(泌80井)。 7.腐植型有机质(泌72井)。 8.盘星藻(枣4井)。照片均放大500倍。