

东海沉积地层矿物研究

朱明善

(地矿部海洋地质调查局实验室)

内容提要 本文据东海五口探井的559个碎屑矿物样资料,用主要重矿物的含量及其组合特征编绘了含量变化图,试图进行分层比较。位于西湖凹陷的平湖一井和玉泉1井重矿组合特征可比性较好;龙井2井三潭组以下与上两井缺少可比特点;灵峰1井除东海群外,其余地层与上列3井相比,差异是大的。

主题词 沉积地层矿物组分 含量变化 重矿组合特征 横向对比 东海

作者简介 朱明善 男 54岁 高级工程师 岩石矿物学及沉积学

一、东海地质简述

东海位于北起长江口—济州岛一线,南至广东南澳岛—台北鹅銮鼻一线,东达琉球群岛一线,面积约为77万平方公里。

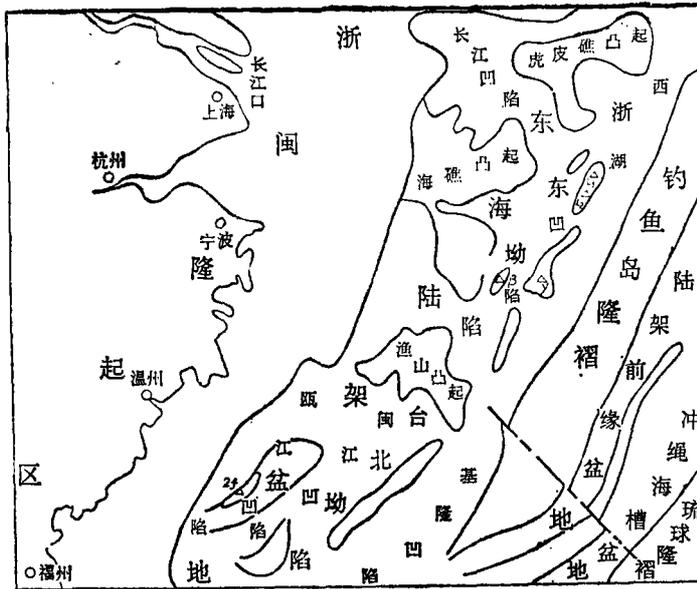
海底自大陆岸向东,基本上由大陆架、大陆坡、海槽、岛架四种地貌单元组成。东海的地质特征是:新生代沉积厚度大,最厚处达15000m左右。本文研究的五口深井,最深处为4531m(平湖1井),时代大多在下第三系始新统平湖组以上,只有个别井(灵峰1井)已打穿沉积地层至元古界片麻岩体。

东海盆地面积大,构造带规模大,局部构造多(图1)。东海沉积地层的时代,是根据微体古生物、孢子花粉组合、岩性特征,结合物探资料、构造运动、接触关系等确定的。

二、东海沉积地层中的矿物

1. 矿物样品来源及鉴定流程 从已揭露的五口深井(图1)中共采碎屑矿物样559个,样品经粒度分析后选用0.25—0.063mm样品作矿物鉴定样。样品拌匀后缩取4g作分析样。用三溴甲烷将分析样分离成轻、重两部分,分别称重后在双目镜下进行鉴定。重部分鉴定后用粒度统计法(少于300颗者全样统计)以颗粒百分比计量,轻部分用目测估计法计量。

2. 鉴定结果 在559个样品中,共鉴定矿物40种(含亚、变种,存疑矿物3种)。按矿物在样品中出现机率及含量高低为序排列如下:菱铁矿,角闪石(透闪石、阳



△L₁, L₂—龙井构造 1 井、2 井 △y—五泉构造 1 井
 △P—平湖构造 1 井 △Lf—灵峰构造 1 井

图 1 东海构造及取样位置示意图 (据周志武等简化)

Fig. 1 The map indicating structural division and the location of exploring wells in the Shelf Basin of East China Sea (based on Zhou Zhiwu and other)

起石、兰闪石)、黄铁矿、石榴石(钙铁榴石、铁铝榴石)、绿帘石、云母、绿泥石、锆石(水锆石)、磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿、钛铁矿、白钛石、电气石、磷灰石、金红石、榍石、兰晶石、十字石、重晶石、锐钛矿、硅线石、刚玉、石棉、辉石、海绿石、铁白云石、石墨、铬铁矿、辉钼矿;轻矿物有长石、石英、方解石和有机质,粘土团粒、钙质团粒;存疑矿物是自然铅、碳硅石、铁质宇宙尘。

3. 矿物的基本特征 某些重矿物含量不高,但在地层中从上到下几乎所有样品中均可出现,如锆石(图版 I, 1—4)颜色多样(无色、淡黄、紫色、红色、玫瑰色等),晶形、磨圆程度各异,有时有局部富集现象(图 2—图 3)。与类似锆石出现机率的有电气石(图版 I, 5)。陆源造岩矿物经搬运后,解理发育,如角闪石、绿帘石,常为不规则碎屑状、粒状或板柱状。同为陆源造岩矿物的石榴子石,因硬度较高,解理不发育,故可见到完整的细小石榴子状晶体,也有磨圆度高的球形颗粒,大部分为不规则碎屑状。这三种矿物是组成重部分的主要成份的一部分,局部井段含量很高。部分具有蚀变现象的矿物,如黑云母、角闪石、绿帘石的绿泥石化;金红石、钛铁矿的白钛石化等,一般不严重,只有少数井段较明显。偶见的稳定矿物和稳定矿物,如辉钼矿、碎屑状黄铁矿和刚玉、兰晶石、硅线石、金红石等。沉积地层中的自生矿物以黄铁矿和菱铁矿为主,有少量海绿石。菱铁矿,有时成为最主要成分。部分少见或罕见的自然元素矿物,如铁质宇宙尘(?),碳硅石,自然铅。这三种矿物经分析研究,本身是肯

定的, 存疑在它们既可自然成因, 亦可人工污染。

三、重矿物在地层纵向上的变化特点

本文研究的五口探井分布在四个构造单元上(图1), 平湖1井、玉泉1井、龙井1井和2井所在的构造单元地理位置比较接近; 灵峰1井的地理位置与上列三构造单元距离相当远, 其间有断层相隔, 离岸距离也相差很多, 故在地层特性上必有差异。文中按由南向北的顺序分别论述各构造单元上已揭露沉积地层中重矿物的纵向变化特点(图2—图5)。

为论述方便, 笔者按主要矿物在某一井段的含量高低, 分别划分组合。组合的命名原则是矿物在重部分中相对含量低的在前, 高的在后。

1. 灵峰1井(图2)

(1)自海底至428m¹)处重矿组合基本相似, 以形态多样的自生黄铁矿连续出现为特征。在142—158m处的黄铁矿, 呈星点状散布于泥质岩屑中。亦有形似植物杆状者(图版I, 6、7), 这种黄铁矿, 表面部分的化学成分中硅、铝含量较芯部大大偏高, 芯部结晶较好(图版I, 6), 化成学分与黄铁矿一致。另一种是赋存在某些生物壳内, 如图版I, 8是一个较完整的有孔虫化石, 在壳体小孔中(照片上深黑色者)及破碎处可见到近于黑色的微粒黄铁矿, 在图版I, 8A处经5000倍局部放大(图版I, 9), 可确定这些黑色物是等轴晶系八面体晶形的微小黄铁矿。电镜中的能谱分析证明这些八面体主要是硫和铁, 硅、铝含量极少; 此外, 尚有大量球状及少量饼状(图版I, 10)黄铁矿, 局部放大后亦可见到等轴八面体晶形(图版I, 11)。共生矿物有角闪石、绿帘石、石榴石、海绿石、菱铁矿等; 部分样品中有自然铅、磷灰石、十字石、铁质宇宙尘²(图版I, 12)、楣石等。这段沉积依矿物含量情况定名为角闪石-绿帘石-黄铁矿组合。

(2)428—1004m附近, 东海群中的角闪石、绿帘石含量由高到低变化明显; 黄铁矿呈一马鞍形(即上下高中间低); 东海群中含量较少的菱铁矿, 在这段沉积中迅速增高, 局部地段可达85%左右²), 以球状、哑铃状为主, 颜色以米黄色为主。与黄铁矿基本呈反消长趋势。为黄铁矿-菱铁矿组合。属三潭组至玉泉组地层。

(3)1004—1285附近, 是环境变化较大的一段沉积。菱铁矿由高到低, 渐至消失, 尔后又迅速升高; 黄铁矿以低含量持续沉积; 石榴石和电气石在中间部位有一高含量层, 厚约120m, 这段高含量层正是菱铁矿的缺失部位。此定名为菱铁矿-电气石-石榴石组合。其时代相当于瓯江组上段。

(4)1285—1854m, 厚度为569m, 定为菱铁矿-黄铁矿-锆石组合。其特点是菱铁矿断续沉积; 黄铁矿为连续沉积, 含量较高, 有变化幅度不大; 于1500—1750m之间, 锆石有一较厚的高含量层, 多有较好的柱状晶形, 无色, 透明度良好, 少数呈次圆状, 偶见个别淡灰色—乳白色水锆石。层位相当于瓯江组下段。

1) 指海底以下。下同 2) 指颗粒百分比。

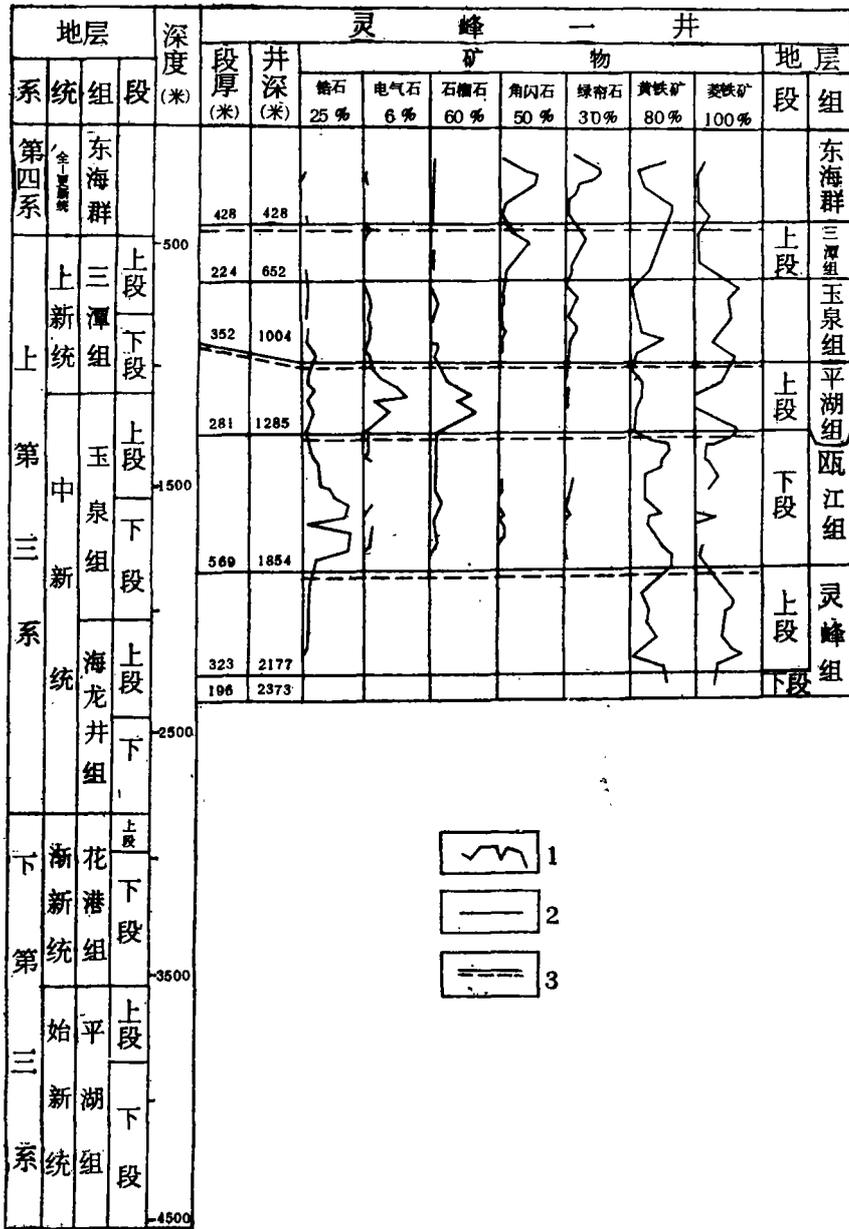


图 2 灵峰 1 井重矿物组合图

Fig. 2 The diagram of assemblage of heavy minerals in Lingfeng Well No. 1

(5)黄铁矿-菱铁矿组合，深度为1854—2300m，组合厚446m。本组合成分较单一，除黄铁矿、菱铁矿外，尚有少量锆石，其它矿物甚少。两种主要矿物呈很典型的反消长关系。属灵峰组地层。

2356—2693.18m井底的几个样品中以黑云母、角闪石为主，它是元古界基岩——

黑云母片麻岩的产物。

2. 平湖1井(图3)

(1)东海群沉积厚455m, 以陆源碎屑矿物-角闪石、绿帘石为主, 含量有随深度增高的趋势; 锆石、电气石含量不高, 但较稳定; 锆石与角闪石、绿帘石呈正消长趋势。这四种矿物相互间保持着相对稳定的比值; 黄铁矿含量较低, 在底部趋近缺失。陆源碎

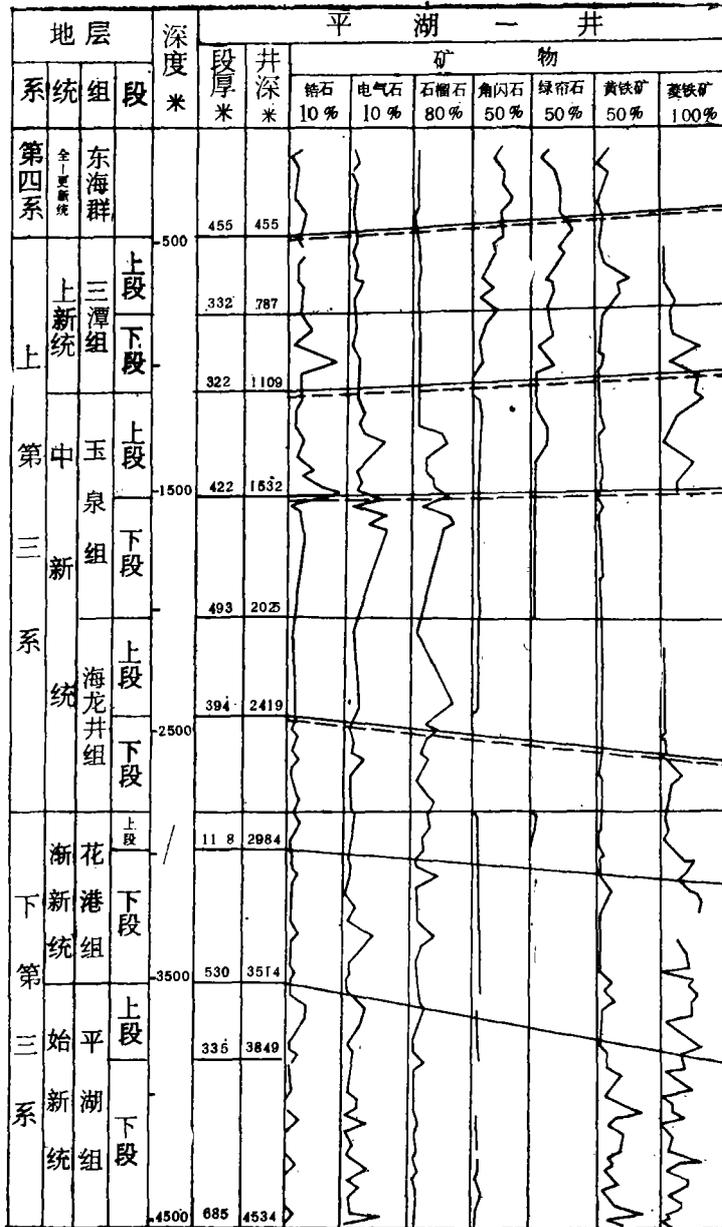


图3 平湖1井重矿物组合图

Fig. 3 The diagram of assemblage of heavy minerals in Pinghu Well No. 1

屑矿物含量的稳定, 表征着碎屑物质来源及搬运、沉积环境变化不大。这段沉积定为电气石-锆石-角闪石-绿帘石组合。

(2) 455—1109.5m为另一组合。上一组合的主要矿物在本组合中虽还是连续沉积, 但含量有较大变化, 角闪石、绿帘石往下渐渐减少, 锆石有渐次增高现象, 至980m附近有一富集点达10%左右。黄铁矿在本组合上部有一高含量点, 菱铁矿则从无到有, 并迅速增高。层位相当于三潭组。平湖1井三潭组上段与下段有一较明显的界线, 上段富黄铁矿, 下段富菱铁矿和锆石。就整体而言, 定为锆石-角闪石-绿帘石-菱铁矿组合。

(3) 电气石-石榴石-菱铁矿组合, 深度为1109.5—1532m, 相当于玉泉组上段。上一组合的角闪石、绿帘石、黄铁矿在本组合中大量缺失, 锆石、电气石、石榴石则含量较高; 电气石与石榴石呈明显的正消长趋势。菱铁矿含量继上一组合较高后即迅速降低, 这时电气石、石榴石则升高很快, 形成鲜明的反消长关系。

(4) 1532—2419.5m自生矿物黄铁矿、菱铁矿与陆源碎屑矿物角闪石、绿帘石基本缺失, 锆石含量也不高, 而电气石和石榴石含量较高, 且呈典型的正消长关系, 定为电气石-石榴石组合。产出层位相当于玉泉组下段至海龙井组上段。

(5) 2419.5—4534m层位相当于海龙井组下段至平湖组下段, 在这2114.5m的地层中, 锆石、电气石、石榴石和菱铁矿的含量变化相当稳定; 黄铁矿自2419.5—3850m处上部近于缺失, 下部稍有升高, 3850m以下则相对稳定增高, 其它陆源碎屑矿物基本缺失。本段定为电气石-菱铁矿组合。

3. 玉泉1井(图4)

(1) 海底至375m以角闪石、绿帘石为主, 伴生少量黄铁矿、菱铁矿。黄铁矿含量由高变低, 菱铁矿则由低向高变化之趋势。定为黄铁矿-绿帘石-角闪石组合, 层位属东海群。

(2) 375—1041m处以菱铁矿沉积为主, 东海群的角闪石、绿帘石还连续沉积, 并保持较高的含量, 但有渐趋减少之势。此段定为角闪石-绿帘石-菱铁矿组合, 层位属三潭组。

(3) 1041—1501m为菱铁矿组合, 角闪石、绿帘石、黄铁矿极少。石榴石、电气石有增高趋势, 锆石含量低, 但连续。属玉泉组上段沉积。

(4) 1501—2566m为玉泉组下段至海龙井组上段地层, 此段沉积陆源碎屑矿物丰富, 为锆石、电气石、石榴石高含量段(1700—2450m), 自生菱铁矿基本缺失。角闪石在2250m处、绿帘石在2170m处, 黄铁矿在1800—1900m附近各有一高含量段。此段重矿物组合定为锆石-电气石-石榴石组合。

(5) 2566—3787.8m为一巨厚的菱铁矿组合层, 其特点是菱铁矿持续、稳定高含量沉积, 除锆石在3400—3500m间有一高含量层、3200m处有电气石、石榴石高含量点外, 角闪石、绿帘石和黄铁矿基本缺失。

4. 龙井2井(图5)

(1) 自海底至413m处角闪石、绿帘石含量高, 变化稳定; 黄铁矿含量也较高, 但变化较大; 其它伴生矿物含量均较低。定为黄铁矿-绿帘石-角闪石组合。属第四系东海群地层。

(2) 413—910m是上新统三潭组地层。东海群三种主要矿物在本组有明显降低现象, 而东海群含量很低的菱铁矿则在本组地层中稳定高含量。据此, 将本组定为绿帘石-角

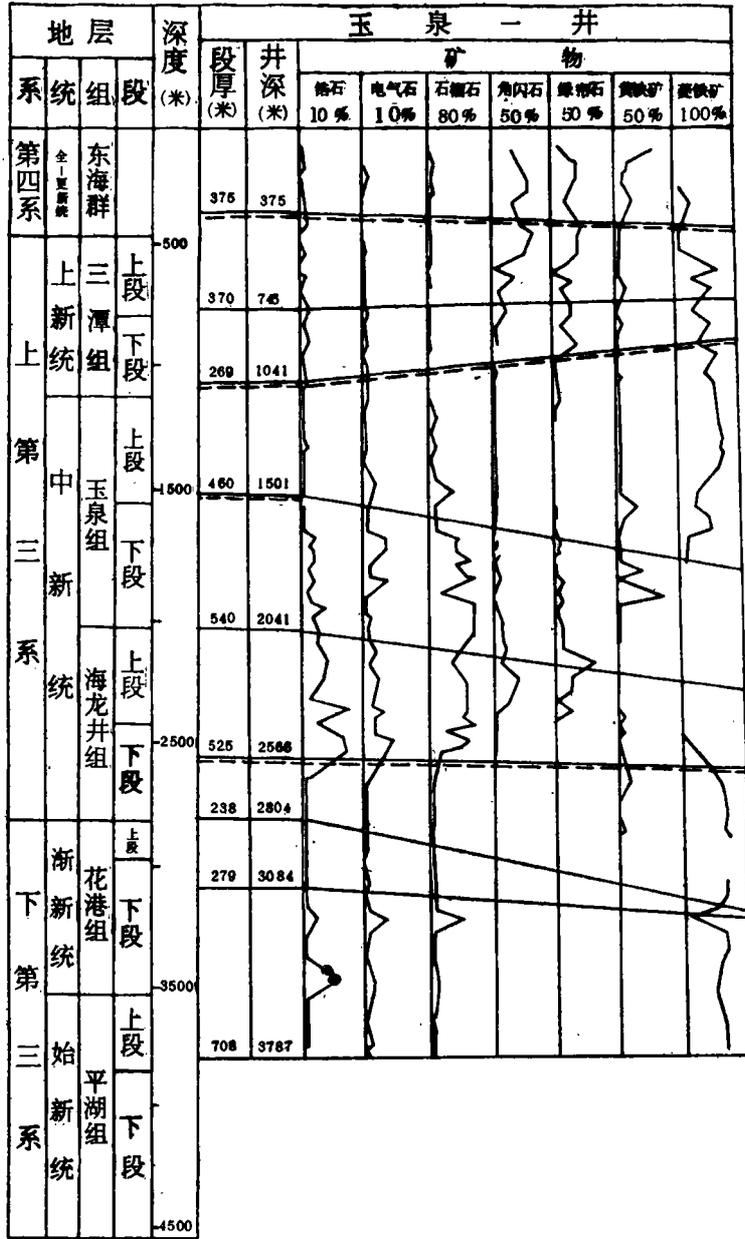


图4 玉泉1井重矿物组合图

Fig. 4 The diagram of assemblage of heavy minerals in Yuquan Well No. 1

闪石-菱铁矿组合。

(3) 910—2226.5m这一厚层沉积层中的重矿物以菱铁矿为主，绿帘石、角闪石比上一组合更少，且时有缺失现象。除石榴石在1110m附近有一高含量点外，余均很低。相当玉泉组地层，定名为菱铁矿组合。

(4) 2226.5—3096m 全段以菱铁矿持续高含量为特征，只有在海龙井组上、下段界线附近有较高含量的石榴石和电气石，电气石的沉积有断续现象。属中新统海龙井组地层，定为电气石-石榴石-菱铁矿组合。

(5) 3096—4117.26m 这段沉积以菱铁矿明显降低为特征，陆源碎屑矿物 锆石、电气石、石榴石普遍较高，相互间比值相对稳定，基本上为正消长关系。角闪石、绿帘石和黄铁矿含量很低，局部有缺失现象。

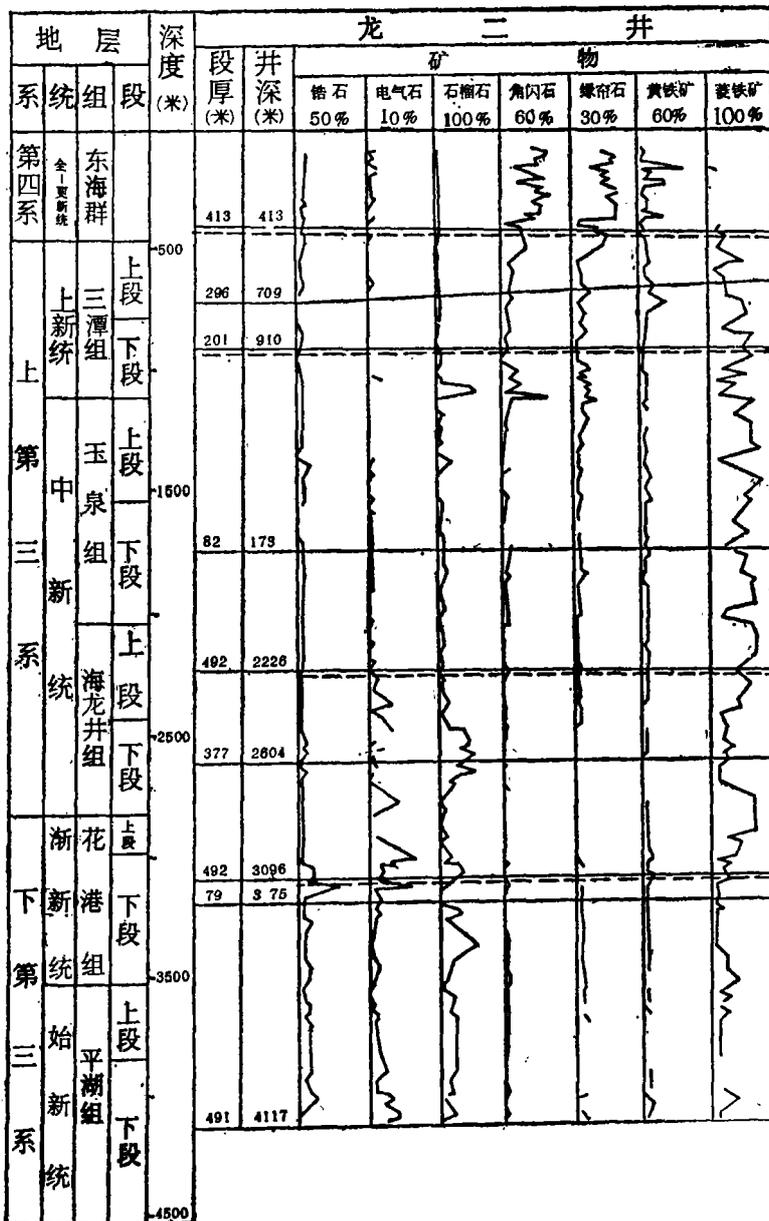


图 5 龙井 2 井重矿物组合图

Fgi. 5 The diagram of assemblage of heavy minerals in Longjing Well No. 2

四、重矿物的横向对比

灵峰1井、平湖1井、玉泉1井、龙井2井四口探井的东海群沉积，都是以陆源碎屑矿物—绿帘石、角闪石为重矿物的主要成分，其间的差别是：玉泉1井和灵峰1井中有较多的菱铁矿伴生。黄铁矿是共有矿物，但含量唯灵峰1井较高。锆石、电气石仅在玉泉1井和平湖1井沉积中低含量稳定持续。总趋势可以认为东海群沉积在四口探井中重矿物情况是大同小异。

东海群下伏的三潭组，灵峰1井、龙井2井和玉泉1井的菱铁矿很快演变为主要成分；平湖1井菱铁矿的起点稍低一些，锆石、电气石较其它三井稍高且稳定。到三潭组底部时四井全以菱铁矿为主。角闪石、绿帘石由高到低直至缺失，这组地层的重矿物组合特征，具有较好的可比性。

玉泉组上段都是以菱铁矿为主，共有的主要伴生矿物是石榴石；角闪石、绿帘石除龙2井较多外其余3井含量低或缺失。平湖1井的锆石、电气石和石榴石变为最主要的伴生矿物。

平湖1井1532—2419.5米，玉泉1井1700—2500米这一大段二井同时缺失菱铁矿，以石榴石为主，伴生矿物为电气石和锆石，这一特殊现象在平湖1井和玉泉1井中有很好的—致性。其相当层位是玉泉组下段—海龙井组上段之间。灵峰1井则缺失这段沉积。龙井2井这段沉积还是以菱铁矿为主。这段地层四口井的横向对比可归纳为：平湖1井、玉泉1井重矿组合特征基本相当；龙井2井差异较大，难以对比；灵峰1井则缺失。

往下平湖1井、龙井2井、玉泉1井直至井底，矿物组合基本相似，全以菱铁矿为主，主要伴生矿物是锆石、电气石、石榴石。平湖1井黄铁矿有增高趋势，与菱铁矿一般为反消长关系，这现象在平湖1井平湖组地层中较为明显；灵峰1井的菱铁矿和黄铁矿自始至终保持着明显的反消长关系，这是有别于其它三井显著的矿物特点。

本文由朱雷清抄了原稿，无锡石油中心实验室奚可棠协助拍摄电镜照片，沈祖荣复制了图件，并得到了孢粉专家胡仲衡先生的大力支持，在此一并致谢！

收稿日期 1986年7月28日

参 考 文 献

- [1] 周志武等, 1985, 石油与天然气地质, 6卷1期, 2—6页。

A RESEARCH OF MINERAL ASSEMBLAGES IN THE SHELF BASIN OF THE EAST CHINA SEA

Zhu Mingshan

(The Laboratory of the Bureau of Marine Geological Survey,
Ministry of Geology and Mineral Resource)

Abstract

The area of the Shelf Basin of East China Sea is about 0.77 million km² and there are many minor structures in it. The deposits in this Shelf Basin are huge (up to 15000m thick). There would be plenty of oil and gas resource in this area. Based on drilling records, two exploring wells have produced. oil and gas. Fourty minerals have been identified from 559 samples of five exploring wells. Besides, there are three minerale (Moissanite, Native Lead and minute magntitized iron ball-the dust in the space) the sources of which are unknown.

The percentages of grain size of heavy minerals have been calculated with statistic method of grain size and the light minerals have been counted with eyes,

Several assemblages of heavy minerals have been determined in this paper and the corelation of these assemblages has been made already (fig 2—5).

The assemblages of heavy minerals of four wells (fig 1) are described as follows,

1. The five assemblages of Lingfeng Well No. 1 from the top to the bottom are Amphibole-Epidote-Pyrite Assemblage (extending 428m and belonging to the Donghai Group), Pyrite-Siderite Assemblage (extending 576m and belonging to the Santan to the Yuquan Formation), Siderite-Tourmaline-Granet Assemblage (extending 281m and belonging to the upper of Oujiang Formation), Siderite-Pyrite Assemblage (extending 569m and belonging to the lower of oujiang Formation), Pyrite-siderite Assemblage (extending 446m and belonging to the Lingfeng Formation).

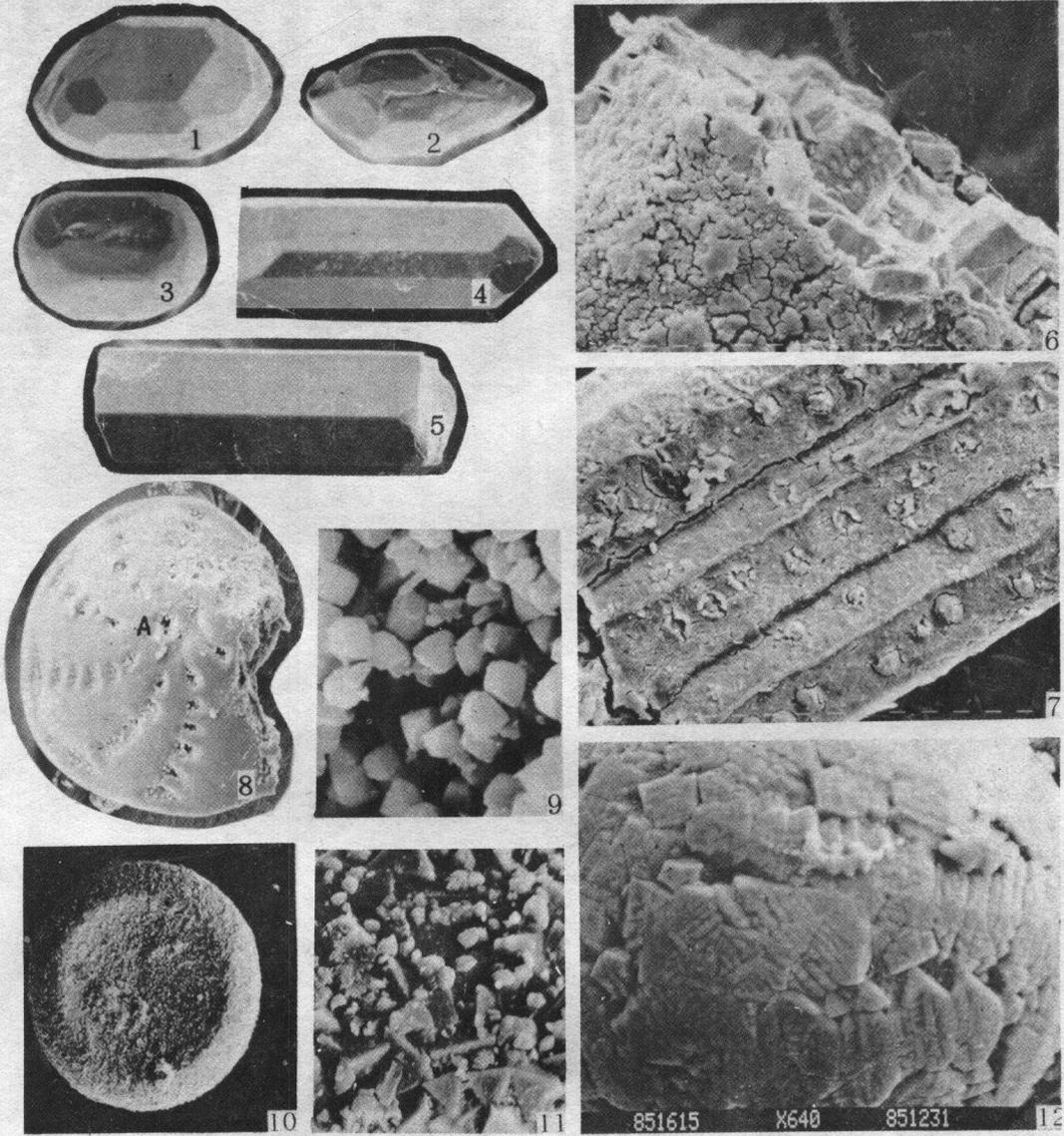
2. The five assemblages of Pinghu Well No. 1 from the top to the bottom are Tourmaline-Zircon-Amphibole Assemblage (extending 445m and belonging to the Donghai Group), Zircon-Amphibole-Epidote-Siderite Assemblage (extending 544.5m and belonging to the santan Formation), Tourmaline-Granet-Sidrite Assemblage (extending 887.5m and belonging to the lower of yuquan Formation to the upper of Hailongjing Formation), Tourmaline-Siderte-Assemblage (extending 2114.5 and belonging to the lower of Hailongjing Formation to the Pinghu Formation).

3. The five assemblage of Yuquan Well No. 1 from the top to the bottom are Pyrite-Epidote-Amphibole Assemblage (extending 375m and belonging to the Donghai

Group), Epidote-Amphibole-Siderite Assemblage (extending 666m and belonging to the Santan Formation), Siderite Assemblage (extending 460m and belonging to the upper of Yupuan Formation), Zircon-Tourmaline-Granet Assemblage (extending 1065m and belonging to the lower of Yuyuan Formation to the upper of Hailongjing Formation), Siderite Assemblage (extending 221.5m and belonging to the lower of Hailongjing Formation to the Huagang Formation).

4. The five assemblage of Longjing Well No. 2 from the top to bottom are Pyrite-Amphibole-Epidote Assemblage (extending 413m and belonging to the Donghai Group), Epidoteamphibole-Siderite Assemblage (extending 497m and belonging to the Santan Formation), Siderite Assemblage (extending 1316.5m and belonging to the Yuquan Formation), Siderite Assemblage (extending 1316.5m and belonging to the yuquan Formation), Tourmaline-Granet-Siderite Assemblage (extending 869.5m and belonging to the Hailongjing Formation), Zircon-Tourmaline-Siderite-Granet Assemblage (extending 1021.26m and belonging to the Huagang Formation to the upper of pinghu Formation).

The assemblages of heavy minerals of Pinghu Well No. 1 and Yuquan Well No. 1 can be corelated more easily. The Longjing Well No. 2 located at the north of the Pinghu Well No. 1 and the Yuquan well No. 1 only can be corelated with two wells above from the Donghai Group to the Santan Formation. The assemblage of heavy minerals of Lingfeng Well No. 1 are different from the other wells except the assemblage belonging to the Donghai Group.



1—4. 钻石 $\times 160$ 5. 电气石 $\times 160$ 6—7. 黄铁矿(树杆状) $\times 320$ 8. 赋在有孔虫的黄铁矿 $\times 160$
9. A右黑洞的局部放大 $\times 5000$ 10. 饼状黄铁矿 $\times 160$ 11. 10的局部放大 $\times 1250$ 12. 铁质宇宙尖纹饰之一