

下扬子地区航磁异常特征与 古生界油气远景

李占奎 李建国

(地质矿产部航空物探总队)

根据高精度航磁测量结果,下扬子准地台可分为磁场特征不同的三个区,自北而南分别为元古界海州群、板溪群和冷家溪群基底的反映;同时确定出天长-东台和安庆-杭州北这两条东西向断裂,它们控制了基底性质、盖层发育、岩浆活动和矿产分布。下古生界油气远景以南京-南通地区为最好,苏北地区次之。

下扬子地区在构造上称为“下扬子准地台”,盖层沉积发育,有利的含油气地层分布广,厚度大,不仅中、新生界,而且古生界碳酸盐岩的油气远景也历来为地质学家们所关注。为了搞清该区的基底起伏情况及地质构造特征,我单位进行了高精度(0.1nT)航磁测量(1984),取得了丰富的地质信息。本文试图在综合大量地质物探成果的基础上,就该区的基底结构、构造特点和盖层发育情况提出一些看法,并对古生界含油气远景试作初步剖析。

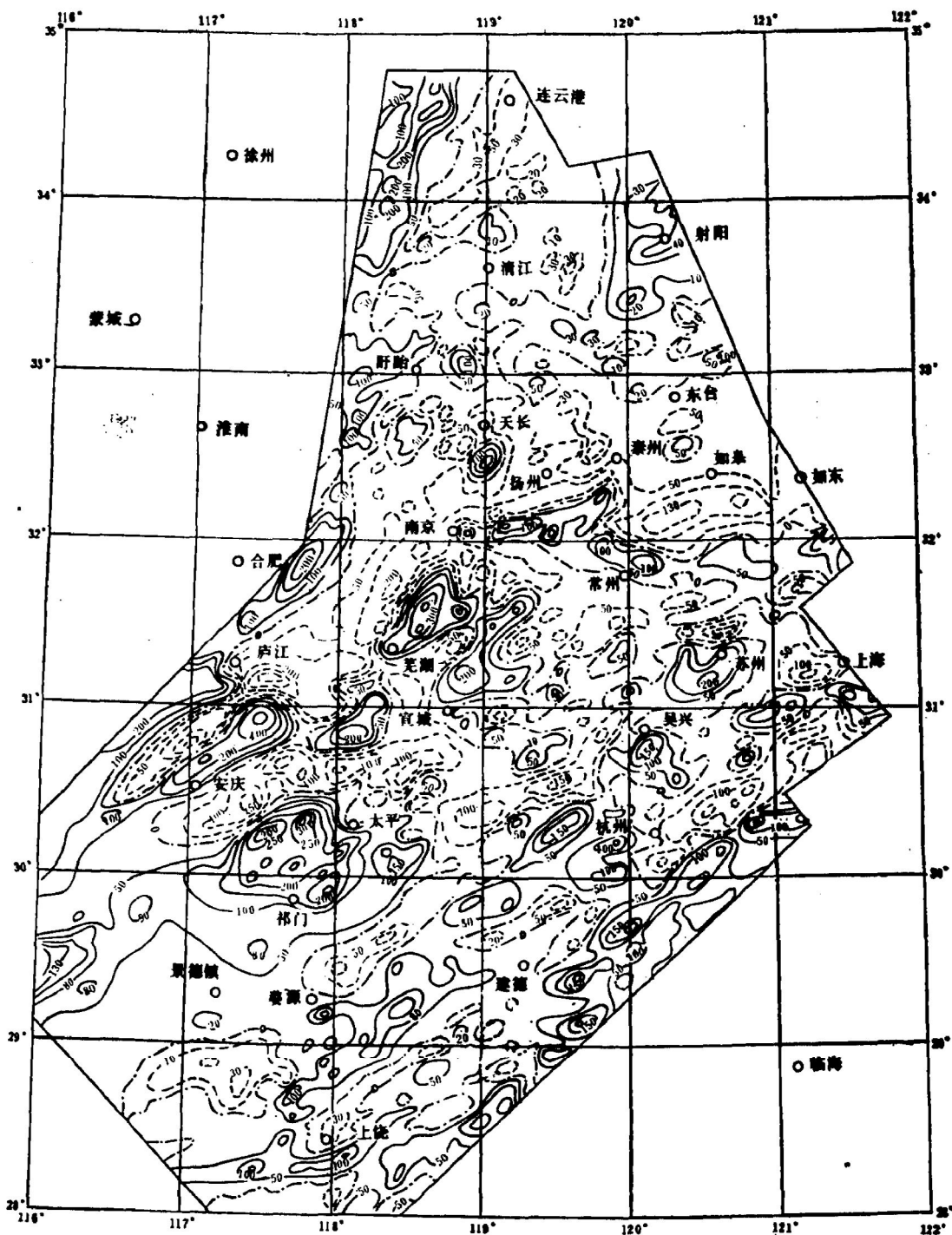
一、磁场特征

航磁测量表明,下扬子地区明显表现为三种不同的磁场面貌(图1),这反映了各部分磁场所对应的基底构造和盖层发育情况是不同的,主要有以下几点:

(1) 天长-东台一线以北,显示为一片平静、低缓变化的正负磁场特征,强度 ± 50 nT,局部异常不发育。由于这一地区的露头和钻井所见的基底主要为弱磁性海州群(锦屏组、云台群)片岩、变粒岩系,因此将负磁场解释为元古界海州群组成的基底构造区。而对于射阳-盐城一带升高的正磁场区,经与赣榆、东海、灌云等地出露的胶东群(胸山系)的磁场特征对比分析,认为该正磁场区是下元古界胶东群基底的反映,它与南黄海地块共同构成了苏北-南黄海盆地深部基底之核心,是南黄海地块的重要组成部分。

(2) 天长-东台一线以南、安庆-杭州一线以北地区,磁场面貌表现为低缓的负背景上发育一系列北东向的正异常带。钻井在周浦、松江、金山等地于孔深300m见中元古界结晶基底,岩性与板溪群相当,这套地层经实测为弱磁性。故这种低缓的磁场背景就是中元古界基底构造区的反映。北东走向的正异常带表示基底内部有强烈的褶皱及岩浆活动。

(3) 安庆-杭州一线以南地区,为宽缓升高变化的块状、条带状正磁场区,强度100—300 nT。构成江南古陆的板溪群已大面积出露,它属弱磁性,不足以引起如此高的磁场强度。那么,这个磁性层所反映的是什么岩系呢?我们知道,“江南式”基底具有双层结构,上层为板溪群,下层为冷家溪群或梵净山群。上述磁场特征可能是地槽早期类似于冷家溪群或梵净山群的优地槽沉积的反映,即为

图1 下扬子地区 ΔT 磁场平面等值线图

(虚线为负等值线, 实线为正等值线, 点划为零等值线)

火山-沉积建造及幔源型侵入岩、断裂型混合岩等组成的基底杂岩。这样有理由认为, 江南古陆及钱塘褶皱带及西部地区具双层基底构造特征。

依据上述分析, 可以看出, 下扬子准地台基底的形成经历了两个阶段, 早期冷家溪、梵净山期为

优地槽阶段，后经武陵（东安）运动初次褶皱，之后经雪峰运动转化为地台^[1]。从磁场特征分析，冷家溪群、梵净山群向东止于安庆-宁国-杭州一线，并未向东继续延伸。

(4) 在下扬子地区中部和北部，在负磁场中见到一系列北东向升高的线性异常带。其中那些峰值大、梯度陡、明显伴有负值（或叠加在背景场的异常）者，一般为中生代基性、中基性、中酸性岩体所引起；而那些梯度陡、变化剧烈的磁异常，为中基性、基性火山岩的反映；至于那些平缓的短轴状磁异常，幅值为十几至几十 nT，经与地面物探资料对比，已初步证明为基底隆起的反映（图2）。

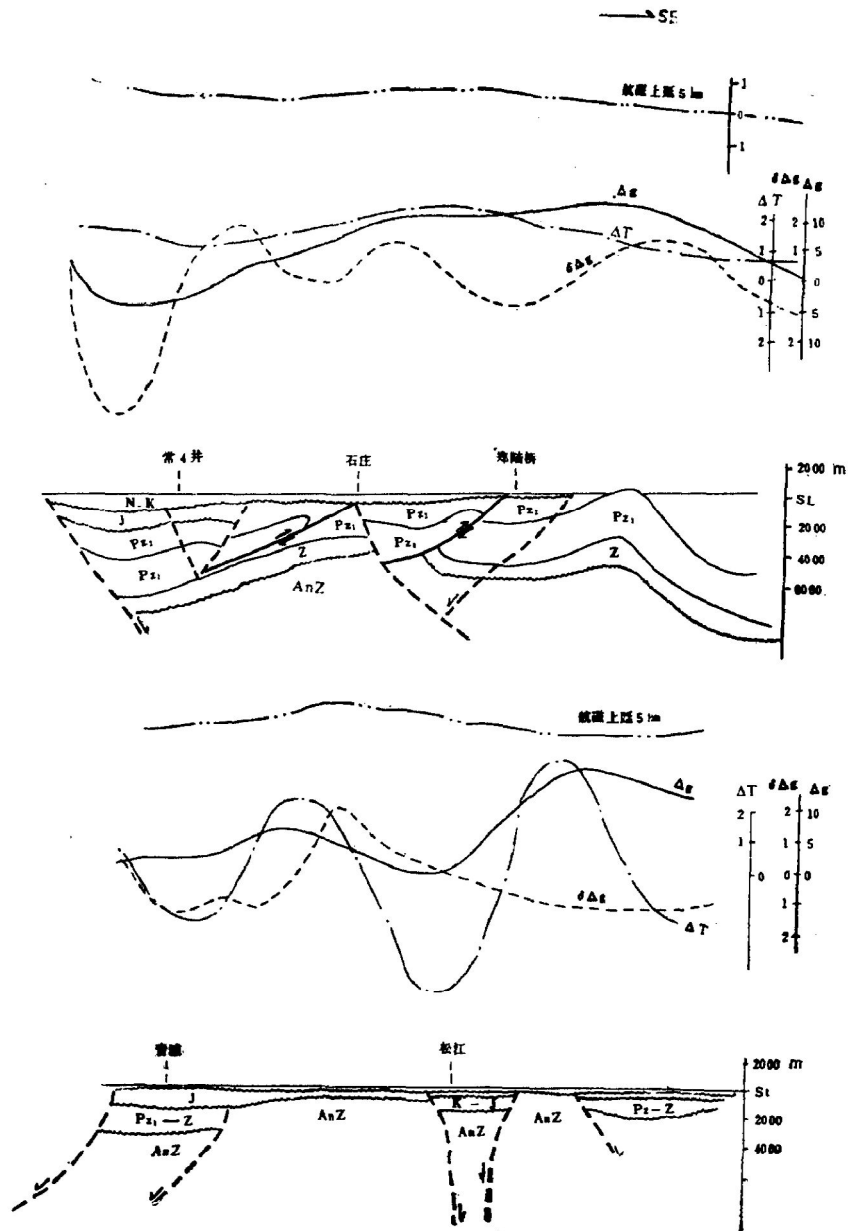


图2 基底隆起与重磁场对应图 (HQ—13线)

(5) 依据航磁特征，下扬子地区存在一组东西向断裂，这组断裂以往并未引起人们的注意。它对基底性质、盖层沉积、岩浆活动及矿产分布的控制十分明显，其形成时代晚于北东向断裂，主要有两条：天长-东台和安庆-杭州北断裂。它们的共同特点是：①构成不同磁场区的界线（图1）。两条断

裂将下扬子准地台分割成磁场面貌各异的三个块体。南部和北部场值偏高且平缓,局部异常不发育;中部场值明显偏低,北东向异常及异常带发育。这表明三个地区基底性质和岩浆活动的特点是不相同的。②重力图上前者显示为一条东西向的异常带,后者则表现为一条东西向的重力梯度带。其重力场也表现三分。北部重力异常主要为北东向分布,中部则异常显示的比较杂乱,南部主要表现为重力低,走向东西向。③具有明显的平移性质,将北东向断裂错移十余公里。④通过电算处理分析,在上延 30 km 和 40 km 磁场上仍清晰显示为一条东西向线性梯度带。这一特点反映出该带不仅反映在平面上,而且向下延伸很深,至少已切割基底。所以这是一组很重要的基底断裂。

(6) 在中部地带,沿长江流域发育一条巨大的近东西向分布的正负异常带,以负为主,数值可达到 $-100 \sim -300$ nT。南侧正磁场相对梯度较大,最大强度为数百 nT。经与地质图对比发现,其为沿断裂分布的岩浆岩的反映,在宁镇山脉对应很好。

这条巨大的负异常带是如何形成的呢?我们知道,长江深大断裂就位于此,若将断裂的一盘作为板状体来考虑,则其磁场的正负值取决于特征角 ε ($\varepsilon = 90^\circ + \alpha - 2i$, 其中 α 为板状体倾角, i 为有效磁化倾角)。当 $90^\circ < \varepsilon < 270^\circ$ 时,磁场负值大于正值。据此利用一个无限延深板状体为模型进行了正演拟合(图 3),结果理论曲线与实测曲线基本吻合。因此认为,这一巨大的正负异常带是向南倾斜(倾角 55°)的深大断裂的反映。当磁场上延 40 km 时,仍然清晰可见,这表明其向下延伸很深。

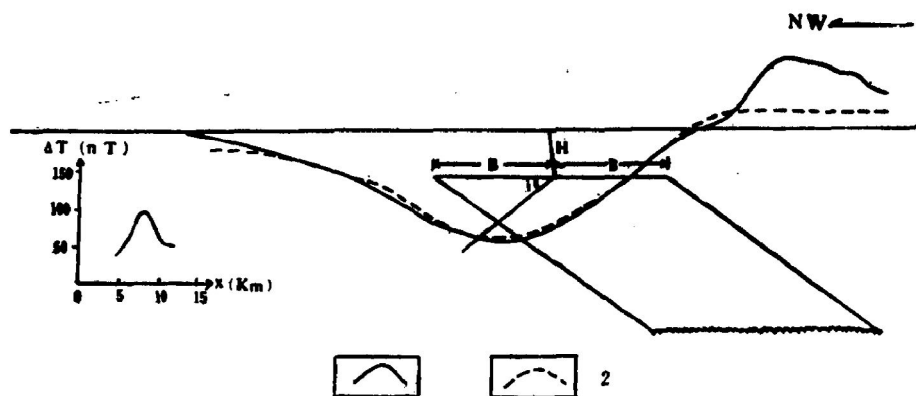


图 3 6331 线长江断裂实测曲线与正演拟合结果对比图

(其中, $K = 1300 \times 4\pi \times 10^{-6} \text{SI}$, $i = 49^\circ$, $\alpha = 145^\circ$, $H = 6 \text{ km}$, $2B = 30 \text{ km}$)

1—实测曲线, 2—理论曲线

通过全国航磁编图发现,该带向西越过郧庐断裂,经霍山、确山至宝鸡,与柴达木盆地北缘断裂带(该带也显示为一条正负异常带)相呼应,横穿中国中部,它的地质意义是十分重要的,值得今后高度重视。

二、结晶基底埋深和盖层发育特点

为了搞清下扬子地区基底的起伏,笔者利用航磁并结合地震资料,编制了下扬子地区结晶基底深度图(图 4)。

编制这一图件的首要问题,是分析纵向磁性界面的分布和结晶基岩顶面深度值的确定。下扬子地区磁性界面主要有:①元古界变质岩系顶面。该岩系构成了下扬子准地台弱磁性基底,磁场上反映为低缓、低频区域性特点。②各种侵入岩和火山岩,反映为高频乃至杂乱磁场,它们成为研究基底形态的干扰因素。因此在编图过程中,尽量对异常形态进行分析,并进行了向上延拓(5—20 km),滤掉浅层干扰体,保留区域磁场。下扬子地区已进行了等间距地质物探大剖面测量,这给编制该图提供了

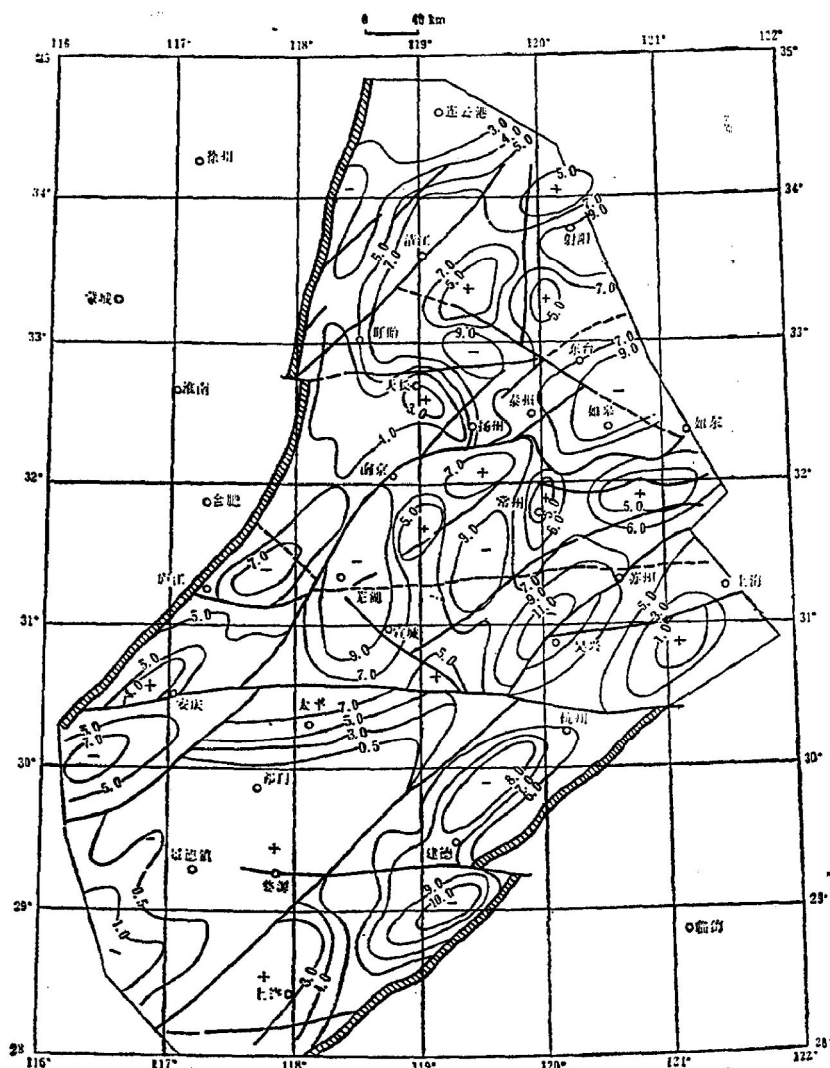


图4 下扬子地区结晶基底深度图
(单位: km)

充分依据。故在编图过程中,利用航磁和地震相结合来确定深度值。通过对比发现,航磁反映的基底深度与地震确定的深度基本一致,有些地区还吻合很好。在编图过程中,还参考了苏北地区上延二层基岩深度图¹⁾和江苏及邻区变质基岩埋藏深度图²⁾。总之,该图客观地反映了下扬子准地台基底起伏情况。

从结晶基岩深度图上宏观分析可以看出,下扬子准地台基底形态十分复杂,不仅岩性存在差异,且其形态、凸凹的分布及走向也不尽相同,反映出基底在形成、演化和后期构造运动的影响等方面不尽一致。

依据磁场特点及地震反映盖层发育情况,基底大致由东南向西北呈阶梯状下降,而东西向、北东向断裂往往是这种基底起伏变化的突变带。该区基底普遍埋藏较深,除江南古陆之外,接受了很厚的古生代沉积。但到了中生代,地壳差异升降运动剧烈,故而中生界分布厚薄不均。

1) 国家地质总局航空物探大队综合室石油组编, 1977。

2) 地质矿产部石油物探研究大队编, 1982。

天长-东台东西向断裂以北,磁场反映为平缓的特点。基底以凹陷为主,除宝应、盐城、滨海为局部凸起外,埋深约为7.0 km。清江-响水断裂以北,基底被逐渐抬升而翘起,到连云港以北,最终大面积出露。该区盖层沉积发育,据地震(HQ-13, 15线)及钻井证实,古生界厚约2000—4000 m,中新生界厚约1000—4000 m。表明该区自基底形成之后一直保持着下降状态,接受了很厚的盖层沉积。

天长-东台断裂以南,安庆-杭州北断裂以北地区,基底埋藏亦很深,一般为7.0—9.0 km。但由于该区深大断裂发育,而使基底形态更加复杂化。沿九江-天长这一狭长地带,由于基底受到郯庐和长江断裂的影响而明显抬升,且表面凹凸不平,埋深3.0—7.0 km。其东部地区,基底仍显示为凸凹之状,但以凹陷为主,埋深在7.0—9.0 km。过苏州、吴兴以东即受浙皖赣断裂的影响,基底被抬升至3.0—5.0 km。据地震(HQ-11, 13线)证实,该区盖层主要为古生界,厚约5000—7000 m,最厚可达9000 m。中、新生界不发育,仅数百至千米。这表明该区在古生界之后,下降缓慢,仅局部地段接受了沉积。

南面的江南古陆地区,基底已大面积出露。盖层沉积主要发育在江南古陆北缘太平一带,以下

古生界为主,厚3000—7000 m。需要指出的是,该区由于受到浙皖赣断裂的影响,杭州、建德地区航磁反映为一条巨大的基底凹陷带,盖层沉积厚约6000—8000 m,最厚可达10000 m(HQ-5线)。

航磁异常特征及物探地质综合大剖面资料表明,下扬子准地台在后期演化过程中,由于受到天长-东台及安庆-杭州北两条东西向断裂的影响,使基底和盖层发生了明显的变化。古生界可能在北部发育完整,保存最全;中部则局部地段已暴露地表,并遭到了剥蚀;南部因大面积裸露地表,已被剥蚀得残缺不全,上古生界已荡然无存。而中、新生界也是在北部最发育,沉积最厚(一般1000—4000 m,最厚6000 m);中部仅数百至千米,至南部已不见踪迹。这表明,下扬子地区盖层沉积在构造上受到两条东西向断裂的控制,呈阶梯状分布,这与区域磁场所反映的特征是一致的。

为了搞清古生界碳酸盐岩的沉积厚度,以便下扬子地区古生界油气勘探早日取得突破,作者利用航磁、地震、重力及钻井资料进行综合分析,编制了该区古生界及三叠系地层等厚图(图5)。

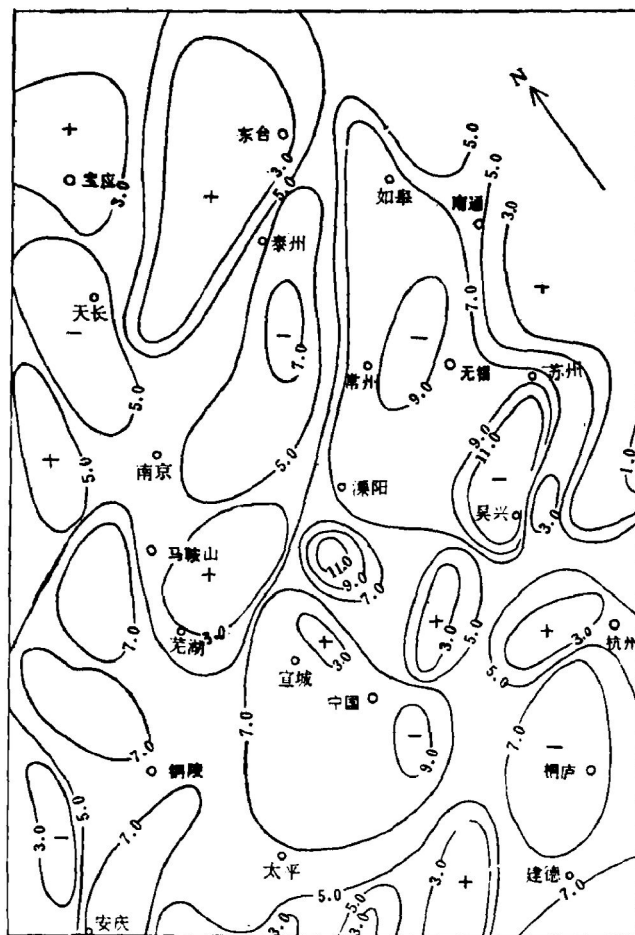


图5 下扬子地区震旦—三叠系等厚图
(单位, km)

三、古生界含油气远景

下扬子地区油气前景很好,除了新生界以外,古生界碳酸盐岩生储油性亦佳,这是今后油气勘探

的重要目标, 下面着重对古生界油气远景加以分析(图6)。

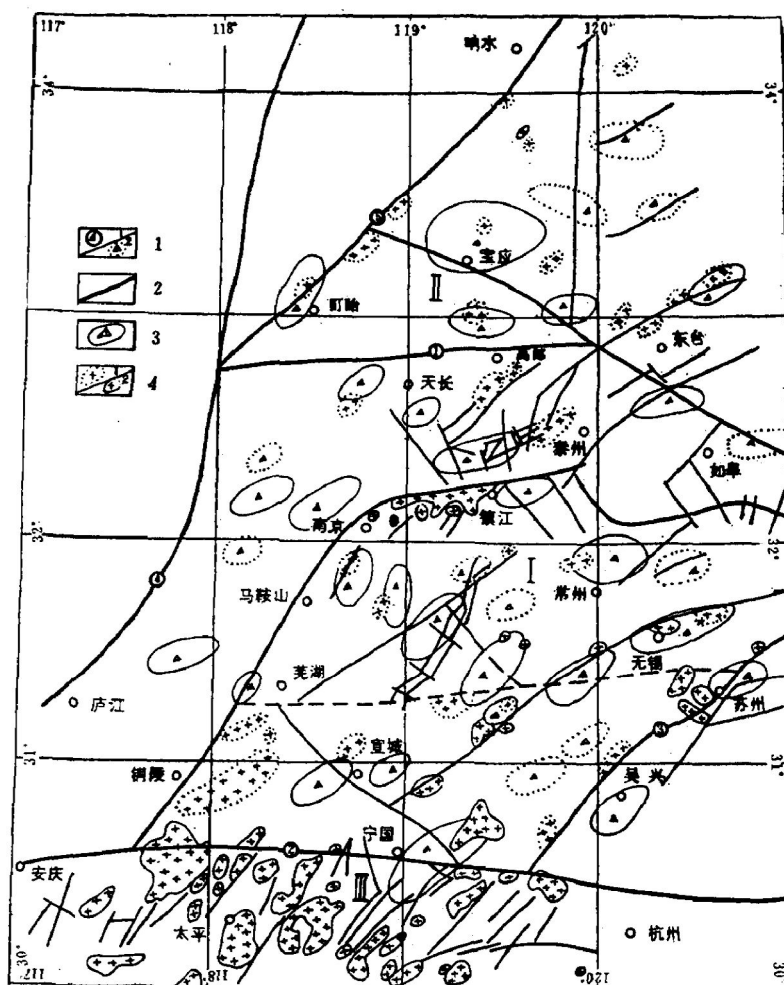


图6 下扬子地区碳酸盐岩地层油气远景预测及古隆起分布图

1-1—地震航磁反映的基底隆起, 1-2—航磁推断基底隆起, 2—断裂构造, 3—航磁推断岩体隆起, 4-1—航磁推断岩体, 4-2—已知岩体, ①—天长-东台断裂, ②—安庆-杭州北断裂, ③—浙皖赣断裂, ④—庐庐断裂, ⑤—响水-清江断裂, I—南京-南通含油气远景区, II—苏北含油气远景区, III—江南古陆北缘含油气远景区

1. 有利地区——南京-南通地区

即所称的南南地区。北以天长-东台断裂为界, 南以安庆-杭州北断裂为界, 西为庐庐断裂, 东至浙皖赣断裂。平面上呈梯形, 面积约80000 km²。

该区在构造上较稳定, 虽然断裂较发育, 有可能对油气藏起到破坏作用, 但也可起到建设作用。碳酸盐岩沉积厚度可达5000—7000 m, 最厚可达11000 m(见图5)。这套地层分布广, 保存条件好, 上、下古生界均很发育, 且都具有各自的生储盖组合。

该区基底隆起很发育, 既有通常的基岩隆起, 也有侵入岩造成的隆起(刺穿构造)。根据高精度航磁测量及其它物探资料, 该区共圈出古隆起28个, 这对油气的早期运移、储集十分有利(见图6)。而且油气显示十分活跃, 热变质程度、地温梯度都较低(据王钧, 1985)。区域盖层(中、新生界)也发育, 分布面积广, 但厚度不大(一般小于2000 m), 易于钻探。此外, 这里以往工作程度高, 交通、

经济、地理及技术条件也好。

2. 较有利地区——苏北地区

位于响水-清江断裂以南, 天长-东台断裂以北。平面上呈三角形, 面积约 18000 km²。

该区在构造上是最稳定的地区。古生界碳酸盐岩发育, 厚 3000—5000 m。岩浆岩不发育, 同时程度不同地见到一些油气显示。但因上覆中、新生界十分发育, 厚达 1000—4000 m, 最厚可达 6000 m, 这在目前的勘探技术条件下难度很大, 故暂作较有利地区处理。

3. 较差地区——江南古陆北缘地区

位于安庆-杭州北断裂以南, 即太平地区。该区航磁测量和地质观察都发现岩浆岩发育, 而且古生界全部暴露地表, 受到严重的剥蚀, 上古生界已基本不存在; 下古生界也保存不全, 有的地区震旦系、寒武系已暴露, 这对油气保存十分不利。虽有沥青煤证明曾有过油气生成和聚集, 但因岩浆活动剧烈, 热演化程度高, 故含油远景不佳。当然局部地段仍有凝析油和天然气埋藏的可能。

参 考 文 献

- [1] 任纪舜等, 1983, 中国大地构造及其演化, 地质出版社。

AEROMAGNETIC ANOMALY AND PALEOZOIC HYDROCARBON POTENTIAL OF THE LOWER YANGTSE REACHES

Li Zhankui Li Jianguo

(Headquarters of Aerogeophysical Exploration, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The latest results of high accuracy aeromagnetic survey (0.1nT) obtained in 1984 are used in this paper to divide the lower Yangtse Paraplatform into three magnetic field areas namely gentle varied positive-negative magnetic field area to the north of Tianchang-Dongtai line; the massive and streaky positive magnetic field area to the south of Anqing-north Hangzhou line; the positive anomaly zone which is between the above mentioned two and developed on gently negative background. These magnetic field zones, from north to south, are the reflection of the Haizhou Group, the Banxi Group and the Lengjiaxi Group respectively.

Analyzed the magnetic fields, Tianchang-Dongtai and Anqing-north Hangzhou rifts have been discovered by the authors. These rifts cut the Lower Yangtse Paraplatform into three blocks of different magnetic field features and controlled the development of the cover strata. The authors consider that the origin of the huge negative anomaly distributed along the Yangtse River stem from south-dipping occurrence (55°) of the Yangtse River rift belt.

Except the basement characters and regional tectonics, the basement configuration and the development of cover strata of this region are also discussed, and the Paleozoic isopach map is worked out according to the data of aeromagnetism, gravitation, seismics and logging. This map briefly shows the basic feature of Paleozoic carbonate rocks which are thicker in the north and thinner or even lacuna in the south. It is suggested that Nanjing-Nantong region is the best of all in oil potential; northern Jiangsu the next, Jiangnan oldland less favourable.