



# 苏浙皖石油天然气地质

王金渝 周荔青 郭念发 杨方之 著



**PIP**  
PETROLEUM  
INDUSTRY  
PRESS

石油工业出版社



# 苏浙皖石油天然气地质

王金渝 周荔青 郭念发 杨方之 著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书从苏浙皖地区深部地质结构论述出发,重点阐明了该区含油气盆地的形成机制及演化序列、烃源岩的沉积环境及其分布特征、油气生成成藏特征、盆地演化历史及油气地质特征,指明了油气勘探评价方向。

本书可供从事油气地质研究的科研人员及高等院校相关专业师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

苏浙皖石油天然气地质/王金渝等著.

北京:石油工业出版社,2000.11

ISBN 7-5021-3167-1

I. 苏…

II. 王…

III. ①石油天然气地质-江苏省②石油天然气地质-浙江省

③石油天然气地质-安徽省

IV. P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第75359号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京密云华都印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

\*

787×1092毫米 16开本 15.25印张 390千字 印1—1000

2000年11月北京第1版 2000年11月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-3167-1/TE·2405

定价:45.00元(精装)

35.00元(平装)

# 序 一

苏浙皖地区地处我国长江下游,工业发达,对石油与天然气的需求越来越多。50年代地质部华东石油普查大队在该区进行石油地质调查,随后地质部与石油部两支地勘队伍对全区进行地球物理勘探和石油地质普查;70年代苏20井在苏北新生界陆相地层中发现工业油流,从而实现了苏浙皖地区的油气勘探突破,建成了江苏油田。目前,苏北盆地原油年产量已达 $160 \times 10^4 \text{t}$ ,勘探前景十分广阔。

作者长期在该区从事石油地质勘探,对该区的石油地质研究积累了丰富的资料,反映了他们对苏浙皖区油气地质的认识,这些认识具有一定的理论性,这些理论性认识主要表现在以下几个方面。

## 1. 阐明了苏浙皖区含油气盆地的形成机制及演化序列

苏浙皖区发育古生代、中生代及新生代三个不同时期的含油气沉积盆地。古生代海相盆地是在地球动力学调整下由地壳裂陷作用在变质基底上发育起来的,早古生代海盆基本维持了“一台两盆”的沉积格局,晚古生代海盆沉积体制有所改变,成为统一的陆表海盆地。印支运动使海相沉积结束并遭受改造,印支运动之后,晚侏罗世全区发育一系列小型陆相断陷盆地,火山活动强烈,盆地中火山岩系极为发育,晚白垩世全区出现大型拗陷沉积,上白垩统浦口组河湖相碎屑岩覆盖全区。新生代早期这种大型盆地结束,代之而起的是小型断陷盆地发育,新生代晚期断陷盆地又为拗陷盆地所取代,从而形成了一个由古生代海相盆地到中、新生代陆相盆地的完整演化系列。

## 2. 阐述了含油气盆地烃源岩的沉积环境及其分布特征

海相盆地具有三期烃源岩发育历史,即早古生代、晚古生代和早三叠世。早古生代烃源岩主要形成于寒武—奥陶纪,以深水盆地相烃源岩堆积为特征,晚古生代陆表海盆地的烃源岩以二叠纪海陆交互相含煤建造为特征,早三叠世青龙组泥质灰岩、泥岩含丰富的有机质,是第三套海相烃源岩。在陆相含油气盆地中,中生代烃源岩不发育,由于火山岩系极为发育而使有机质丰度欠佳。新生代断陷盆地烃源岩丰富,是区内陆相油气的主力烃源岩系。苏北盆地油气藏以新生代烃源岩为主要烃源岩,而陆相烃源岩与海相烃源岩共同组成了苏浙皖区烃源岩组合系列,为区内的油气资源奠定了物质基础。

## 3. 分析了油气生烃成藏特征,阐述了油气分布规律

海相油气具有多期成烃成藏历史,早古生代烃源岩处于加里东运动之前便发生排烃作用并聚集成藏;晚古生代烃源岩在印支运动之前尚未成熟;印支运动之后,海相烃源岩在陆相沉积的覆盖下发生排烃作用,从而形成多期成烃过程,海相烃源岩普遍表现为两组不同大小的沥青反射率值就是这种复杂过程的反映。海相烃源岩有机质热演化程度普遍较高,而陆相烃源岩有机质热演化程度适中,陆相烃源岩以深凹为生烃中心,在油气从深凹生成后向外侧浅部方向运移过程中易于被有利圈闭所捕获,形成油气藏。因而,陆相油气藏的分布往往位于不同构造单元的结合部位,如隆起与拗陷的交接部位或凹陷与凸起的交接部位。此外,苏浙皖区还发现深源无机天然气,它的形成与深部断裂及岩石圈性状有关,苏北黄桥无机 $\text{CO}_2$ 气,气源丰富,储量大,是典型的无机气藏。通过对苏浙皖区油气成烃成藏的特征分析,反

30.64

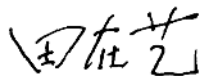
映了区内油气分布的规律性。

#### 4. 分析了盆地演化历史及油气地质特征, 指明了油气勘探评价的方向

苏浙皖区三个时代油气地质特征各不相同, 古生代烃源岩虽然经历了较强的构造改造, 断裂发育、地层破碎, 有机质热演化程度普遍较高, 但海相油气封盖性好, 志留系高家边组发育巨厚的海相泥岩盖层, 由于它的封盖保护作用, 下古生界油气藏得到较好的保存, 寻找下古生界油气藏, 特别是下古生界气藏是海相油气勘探的一个重要目标。中生代断陷盆地发育, 但烃源条件普遍较差, 寻找具有下白垩统葛村组烃源岩分布的断陷盆地是中生界油气勘探评价的主要目标, 长江沿岸地区是中生代有效烃源岩分布最有希望的地区。新生代油气以苏北盆地为勘探重点, 而苏北盆地仅仅是陆上盆地部分, 南黄海是其分布的主体, 加强海上部分的油气勘探将是未来油气勘探选区评价的一个重要领域。

总之, 该书较为完整系统地概括了苏浙皖地区油气地质特征, 阐述和分析了区内油气成烃、成藏及分布规律。全书概念明确、思路清晰、资料丰富、图文并茂, 是一部理论和实践价值较高的学术著作。它的出版将对苏浙皖区石油地质学研究及其发展起到积极的推动作用。

中国科学院院士



2000年6月18日

## 序 二

苏浙皖地区跨华北板块、扬子板块、华南板块及秦岭—大别构造带等多个大地构造单元,构造演化历史极为复杂,形成了“四代同堂”的地质结构。在前震旦系刚性程度较低的结晶基底之上,发育了海相中生界、陆相中生界、陆相新生界3套含油气层系。迄今仅在苏北陆相新生界发现了一批中小型断块油气田,建成年产 $160 \times 10^4$  t的油气生产基地,其他两个领域的油气勘探工作均尚未取得实质性进展。因此,如何进一步搞好该区的油气勘探工作,缓解本区能源紧缺的问题,是石油地质界一直在思考的问题。

本书作者抓住该区3套含油气层系的关键油气地质问题进行了研究。苏北陆相新生界领域勘探程度较高,主要是通过系统总结该盆地的油气田形成、分布规律,并借鉴其他成熟盆地勘探经验,进行剩余油气资源分布预测。皖北地区中生界广泛发育一套半深湖相暗色泥岩夹泥灰岩、油页岩建造,具有形成中小型油气田的基本地质条件和资源潜力,目前勘探程度很低,书中重点进行了勘探目的层系及区块论证。该区海相中、古生界是我国南方碳酸盐岩含油气领域的重要组成部分,海相烃源岩的原始条件极为优越,生烃潜力巨大,区内油气显示丰富,并在句容、黄桥等地试获油气流,然而由于晚三叠世以来历次构造运动的影响,海相中、古生界原始含油气体系遭受强烈改造,造成油气成藏历史极为复杂,给油气勘查带来了较大的困难。书中重点论证了如何去伪存真,抓住本质规律,选择勘探突破口等关键问题。

本书的作者们长期从事苏浙皖地区油气地质评价及勘探部署研究,在充分消化吸收前人丰富成果资料的基础上,结合最新的盆地分析理论知识,全面系统地研究了苏浙皖地区各区块、各层系的油气地质特征,各区块含油性、油气资源前景等问题,很好地完成了苏浙皖地区油气勘探评价研究,提出了一系列具有扎实的油气地质理论作指导、丰富的地质资料为基础的勘探评价意见。对于苏北新生界领域,提出了十个主要勘探目标,其中“夹持在阜二段、阜四段之间的阜三段”、“泰州组—阜一段组合”、“阜二段中下部与阜一段组合”、“戴南组与阜四段组合”、“断阶带挖潜”等将是近期勘探的主要目标,“未成熟生物成因天然气”、“与辉绿岩体异常增温有关油气”、“泥灰岩裂隙油气”、“浦口组暗色泥岩分布区天然气”、“浅层无机成因天然气”等是潜在的勘探领域。对于皖北地区油气勘探,提出在周口盆地阜阳地区、黄口盆地、合肥盆地等较大型盆地中,优选“中生界发育、上古生界保存完整”的区块开展工作。对于海相中、古生界领域,提出在当前经济技术条件下,应优选中、新生界/上古生界复合含油气系统作为主攻方向,同时建议开展以下古生界大型原生油气藏为勘探目标的地震勘探方法技术攻关。可以相信,这些成果认识对于本区的油气勘探工作具有重要的指导意义。书中提供的丰富详实的油气地质资料,对油气地质理论工作者也有重要的参考价值。

中国石化集团新星石油公司总地质师

周玉琦

2000年6月20日

## 前 言

苏浙皖区石油地质工作开展较早,勘探程度较高,早在1954年2月地质部华东石油普查大队就在该区进行石油地质调查,发现大量地表油气苗;1958年5月地矿部华东石油物探大队在区内开展物探工作;1964年8月苏5井在苏北新生代盆地首次钻遇少量油流;1970年9月11日苏20井在苏北下第三系戴南组首获工业油流,最高日产原油 $14.5\text{m}^3$ ,首先在陆相地层实现油气勘探突破,从而成为苏浙皖区油气勘探史上的一次重要事件。陆相油田集中在苏北盆地,截止目前为止(1999年),苏北新生代盆地原油年产量已达 $160\times 10^4\text{t}$ ,对于资源匮乏、经济发达的苏浙皖区而言,无疑有着重要的意义。

在陆相油气勘探开发持续性深入的同时,海相油气探索也在不断加强。1983年海相油气地质勘查正式开始,相继在14个中、古生界海相层位见油气显示和低产油气流,1983年10月在苏北黄桥地区苏174井发现高纯度 $\text{CO}_2$ 气,日产 $\text{CO}_2$ 气 $36\times 10^4\text{m}^3$ ,探明储量 $64\times 10^8\text{m}^3$ ,控制储量 $196.9\times 10^8\text{m}^3$ ,至此,我国陆上最大的 $\text{CO}_2$ 气田被发现。勘探实践证明,苏浙皖区油气资源丰富,具有广阔的勘探前景。

苏浙皖区油气勘探成果显著,在陆相与海相的油气勘探中,多少地质学家和石油地质工作者付诸了毕生的努力,推动了区内石油地质研究的进展。本书在他们的研究成果基础上撰写而成,苏浙皖区油气勘探的进展,是从事该区地质工作的所有地质工作者共同努力的结果。

本书共分三章,第一章、第二章由郭念发撰写,第三章由周荔青撰写,王金渝、杨方之对全书进行了审定。郭念发对书稿进行了统编。在本书的编著过程中,得到华东石油规划院张建球高工的指导,田在艺院士、周玉琦总地质师在百忙之中为本书作序,并提出十分宝贵的修改意见,在此一并感谢。对于书中不妥之处,敬请指正。

# 目 录

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| 第一章 苏浙皖地球物理场分布及区域构造特征 | ( 1 )   |
| 第一节 重磁场特征             | ( 1 )   |
| 第二节 地热场特征             | ( 11 )  |
| 第三节 古地磁特征             | ( 15 )  |
| 第四节 深部地质结构            | ( 21 )  |
| 第五节 深部主要断裂带           | ( 28 )  |
| 第六节 主要构造运动及其表现形式      | ( 38 )  |
| 第七节 大地构造格局与盆地形成       | ( 44 )  |
| 第二章 苏浙皖海相油气地质         | ( 51 )  |
| 第一节 海相盆地的基底特征         | ( 51 )  |
| 第二节 海相盆地的演化及其沉积建造     | ( 63 )  |
| 第三节 海相烃源岩基本特征         | ( 75 )  |
| 第四节 海相烃源岩热演化特征        | ( 86 )  |
| 第五节 海相油气储层与盖层特征       | ( 92 )  |
| 第六节 海相成油气组合及演化        | ( 103 ) |
| 第七节 海相沉积实体的改造及油气资源量预测 | ( 114 ) |
| 第八节 二氧化碳气田            | ( 126 ) |
| 第九节 海相油气勘探评价          | ( 139 ) |
| 第三章 苏浙皖陆相油气地质         | ( 145 ) |
| 第一节 陆相盆地形成演化背景        | ( 145 ) |
| 第二节 陆相盆地沉积构造演化特征      | ( 150 ) |
| 第三节 陆相中新生界油气地质特征      | ( 163 ) |
| 第四节 皖北地区陆相中新生界含油气系统   | ( 171 ) |
| 第五节 江苏地区陆相中新生界含油气系统   | ( 178 ) |
| 第六节 浙东地区陆相中新生界含油气系统   | ( 194 ) |
| 第七节 陆相盆地含油气性          | ( 199 ) |
| 第八节 陆相盆地油气资源评价        | ( 221 ) |
| 第九节 陆相中新生界油气勘探评价      | ( 228 ) |
| 参考文献                  | ( 233 ) |

# 第一章 苏浙皖地球物理场分布及区域构造特征

## 第一节 重磁场特征

### 一、重力场特征

苏浙皖地区重力场特征整体表现出北高南低的特征(图1-1)。连云港以东地区布格重力异常高,其异常值达 $45 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ,由北向南,重力异常值减小,苏北盆地重力异常值为 $10 \times 10^{-5} \sim 20 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ,杭州—宣城—合肥一线基本为重力异常零值区,异常值一般小于 $10 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。该线以南地区出现负异常区,越向南其负异常值越大。在大别山地区和浙东江山一带,重力负异常值分别为 $-60 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 和 $-50 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ,是全区布格重力异常值最低的地区。

苏浙皖地区纵向上可划分为5个明显的密度界面,它们分别是软流圈顶面、莫霍面、深变质岩顶面、印支不整合面和新生代陆相沉积岩底面(表1-1)。它们既是明显的密度界面,也是重要的构造界面。这5个密度界面的埋深与起伏变化对重力效应产生影响,从而使重力场的高低、极性、形态、走向、频率等一系列特征发生变化。各界面之间其内部属性不同,物性特征也不相同。

表 1-1 密度界面划分

单位:  $10^3 \text{kg/m}^3$

| 地质层位                              | 密度范围      | 加权密度平均值 | 界面平均密度差 | 地震波组代号  |
|-----------------------------------|-----------|---------|---------|---------|
| Q—E                               | 2.12~2.35 | 2.28    | 0.23    | $T_4^0$ |
| K—T <sub>2-3</sub>                | 2.40~2.57 | 2.51    |         | $T_3^0$ |
| T <sub>1-2</sub> —Pt <sub>1</sub> | 2.61~2.70 | 2.65    | 0.14    | $T_2^1$ |
| Ar—下地壳                            | 2.76~3.10 | 2.84    | 0.19    | $T_1$   |
| 地幔                                | 3.25~3.35 | 3.30    | 0.46    | $T_m$   |
| 软流圈                               | 3.35      | 3.35    | 0.05    |         |

海相沉积层系物性变化较大,海相碎屑岩(D<sub>3</sub>w—O<sub>3</sub>w)比陆相碎屑岩(P<sub>2</sub>—P<sub>1</sub>g)的速度要高,泥盆系石英砂岩电阻也明显增高,电阻率达 $100 \sim 500 \Omega \cdot \text{m}$ ,比页岩要高出10倍。

上奥陶统至震旦系灯影组(O<sub>3</sub>—Z<sub>2</sub>dn)碳酸盐岩一般由石灰岩、白云岩组成,由于白云岩成分增高,故密度、速度和电阻率都明显增高。具有物性参数变化稳定,厚度大,低磁、高阻、高速、高密度的“三高—低”特征,可作为标志层,厚度达5km以上。

上元古代震旦纪(Z<sub>2</sub>d—Z<sub>1</sub>)变质岩系为沉积岩变质的浅变质岩。岩石类型为千枚岩、片岩、冰碛岩、砂岩等。物性密度略偏高,磁性相对低,电性与速度均较低,属低磁、低阻、低速、中—高密度层。

中元古代(Pt<sub>2</sub>)变质岩为火山岩变质的浅变质岩。岩石以变粒岩、混合花岗岩为主。物性为中—高速、中—高密度、中—弱磁、高阻层。

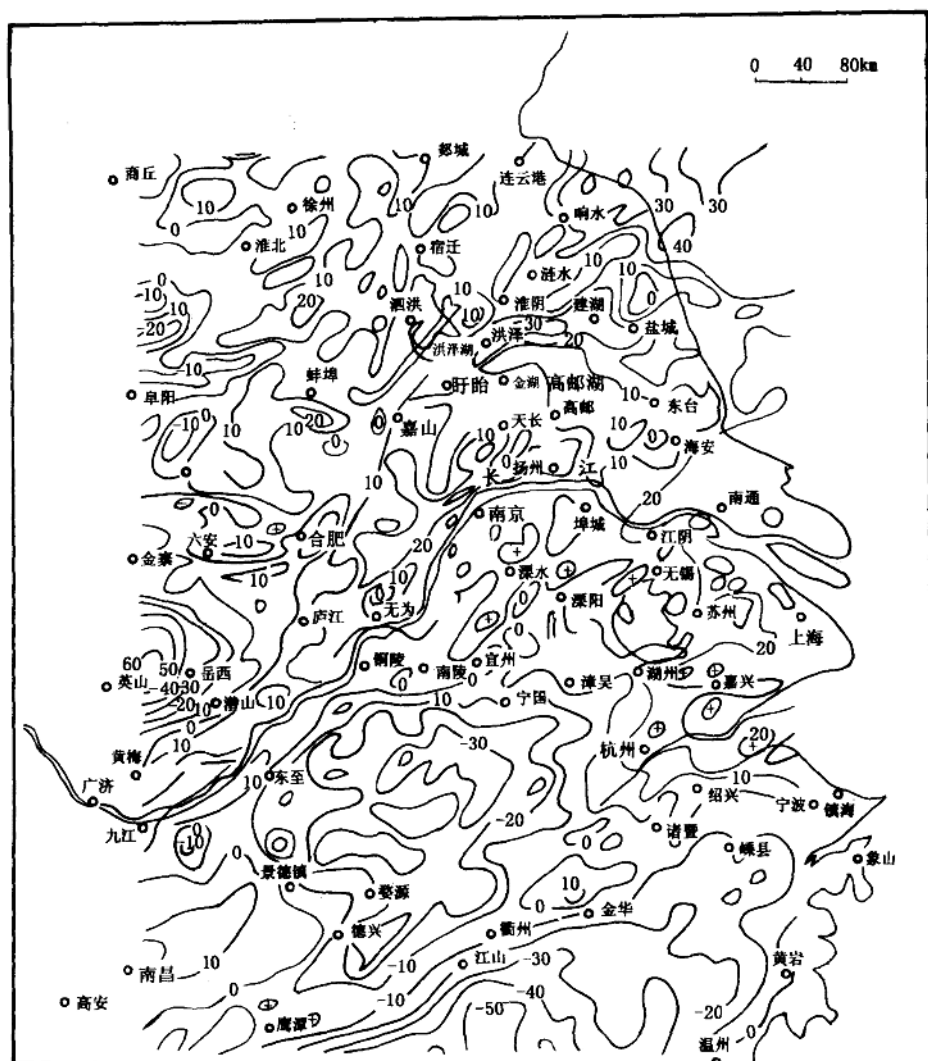


图 1-1 苏浙皖地区布格重力异常图

以上两层为浅变质岩系地层，厚度可达万米。

古元古代—太古宙 ( $Pt_1-Ar$ ) 深变质岩系磁性强且横向变化大，电性以高阻为主，并具高速、高密度特征，为较典型的“四高”标志层。

壳内高导低速层电阻率为  $20 \sim 100 \Omega \cdot m$ ，比上、下层低  $10 \sim 100$  倍，具有作为高导层的重要属性。由于硅铝层埋深大，本层处在其下方，密度大，速度比上覆地层低，故本层为低阻、低速、高密度层。

一般认为下地壳—地幔盖层物性特征是下地壳是以玄武岩为主的基性岩组成，上地幔岩石圈由橄榄岩、辉石岩为主的超基性岩组成，其分界为莫霍面。莫霍面为较明显的密度与速

度界面，电性上也明显不同，其上、下均呈高阻特征，故本层为高阻、高密度、高速度的“三高”物性层。

软流圈表现为大地电磁测深在 100km 左右下方存在一相对低阻层，即上地幔高导层，并具低速特点。由于温度已接近或达到岩石熔点，使岩石具塑性，故称软流圈。

上述界面或圈层对区内重力场产生综合影响，表现出不同的重力异常特征，形成若干个不同特征的重力异常区（图 1-2）。苏浙皖区重力场分区及其特征如下。

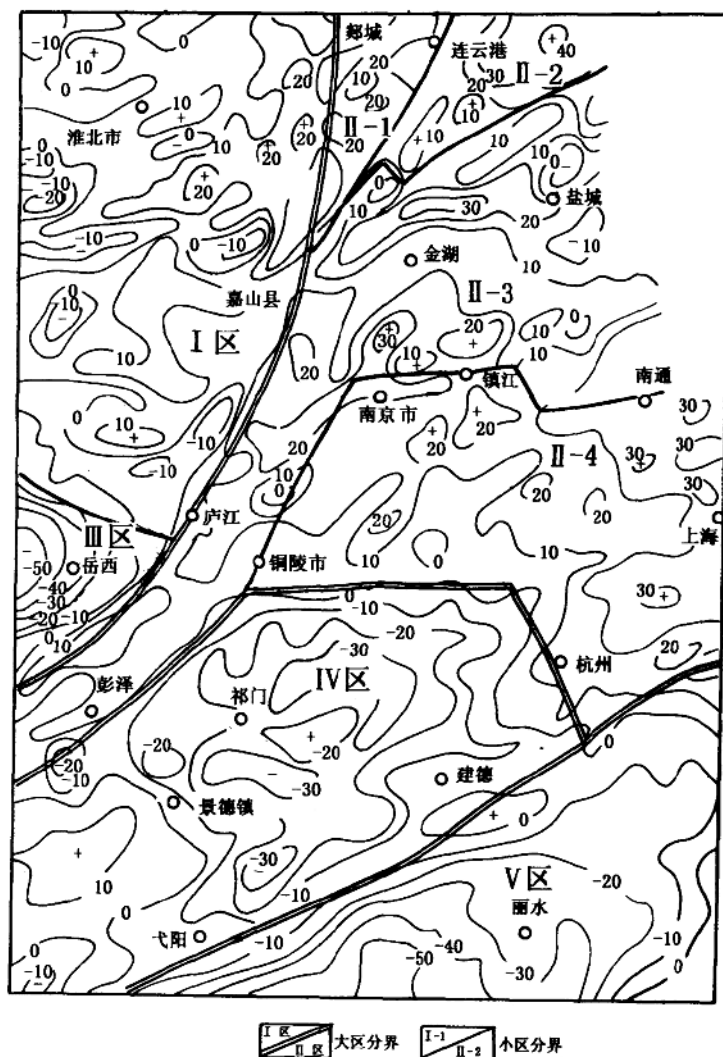


图 1-2 苏浙皖布格重力异常分区示意图

### 1. 皖北重力异常区（I 区）

本区属于华北地块东南边缘的一部分，重力异常正负相间，错落有致。大部分局部异常

形态为东西走向,或接近等轴状。靠近郟城—庐江断裂一线,局部异常走向突然变为北东、北北东和南北向。

本区内局部重力异常是各种地质因素引起的,如黄口重力低异常,由长约150km、宽约20~30km东西走向的异常(小于 $5 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ )组成。地震勘探表明黄口重力低异常是由于中生代凹陷引起的。与之具有相同成因的重力低异常还有宿县东部重力低异常、舒城—肥东重力低异常、定远重力低异常等。而蚌埠地区和利辛南部地区也为由 $5 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 以下异常等值线圈闭的局部重力低值区,但地质资料证实这两处却为太古代深变质岩隆起区,结合航磁异常及火成岩研究资料,推测形成重力低的原因是深变质岩隆起区内部穿插大量的太古代至元古代火成岩,火成岩较围岩密度偏低,以及在漫长地质历史演化过程中,岩层被褶皱破碎形成众多裂隙导致了岩层整体密度下降。

莫霍面降低是引起皖北地区重力异常偏低的另一因素,皖北地区重力异常总体表现出平缓开阔和横向变化微弱的特点,这些特点与莫霍面降低有关。从而表明皖北地区是一个莫霍面埋藏较深、构造活动性较小、刚性较强的块体。

## 2. 江苏重力异常区(Ⅱ区)

本区为重力正异常覆盖区,全区依据重力形态特征划分出4个异常小区。

郟庐断裂与连云港—嘉山断裂所夹范围为该区的第一异常小区(Ⅱ-1),该小区异常形态宽缓,局部异常排列无明显规律。依据地质资料,本区大部分地区的第四系之下即为前震旦变质岩系,局部异常的起伏可能与变质岩基底内部的结构与岩性变化有关。局部重力高异常可能与基底内部岩性比较致密,结构相对保持完整有关;局部重力低异常则可能是由于基底破碎程度增高,裂隙发育或岩性比较疏松的结果。该小区重力异常特征清楚,异常幅值较大( $-10 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 以上)。沐阳地区重力异常低,是由古、新生代张性断裂控制下的断陷盆地内低密度陆相沉积物引起的。

连黄断裂与嘉山—响水断裂所围区域为第二异常小区(Ⅱ-2),该小区异常特征与Ⅱ-1小区基本接近,仍为走向不明显、起伏不大的低缓异常。与Ⅱ-1不同的是,该小区陆上部分布格重力异常值总体上略有降低。依据地质资料,这里为变质岩覆盖区,只是时代变新(Pt)。推测重力场值降低可能与元古界(Pt)的平均密度比太古界(Ar)低有关。该小区的局部重力异常也应为变质基底内部结构与岩性差异的反映。

嘉山—响水断裂与长江断裂所围范围为第三异常小区(Ⅱ-3),区内从望江到滁县局部重力异常走向以北东向为主,异常起伏不剧烈。南京至镇江以北的苏北地区异常起伏加剧,局部异常的走向呈现多样化,但以北东向和北东东向为主。

根据大量地震勘探资料,我们认为该小区局部重力异常主要与新生代底面和印支侵蚀面的局部起伏有关。将新生界底面和印支侵蚀面的埋深图与布格重力异常图对比,说明局部重力异常低与中、新生代凹陷有关,如金湖凹陷、高邮凹陷、海安凹陷、仪征凹陷、盐城凹陷等;局部重力高异常均为海相中、古生界的隆起区,如建湖隆起、六合—天长隆起、江都隆起、泰州凸起;一些异常值相对升高,展布范围较宽,局部起伏不大的重力高值区,对应着古生界浅埋区,如滨海地区、如东地区、含山地区等;少数局部重力异常与大规模的火成岩有关,如扬中—口岸重力低异常等。

长江断裂以南至本区的南部边界之间所围区域为第四异常小区(Ⅱ-4)。从该异常小区的新生界底面、印支侵蚀面的形态变化特征分析,结合地质资料,可对Ⅱ-4小区的局部重力异常成因作出较为清楚的解释。该小区局部重力异常低,无论其走向为北北东向还是东西

向的重力异常,绝大多数均为中新世代的拗陷(断陷)所引起。它们之中展布面积较大,幅值较低的局部异常有直溪桥(金坛西)、南渡(溧阳西)、南陵北、湖熟(溧水北)、昆山南、溧阳东等一系列新生代拗陷,这些重力低异常所反映的中新世代凹陷主要沉积层为侏罗—第三系(J—E),总厚度为1000~3500m。

局部重力高异常多表现为海相中、古生界及更老地层埋藏较浅,相对隆起的地区。例如:宁镇重力高异常带主要由海相地层褶皱上隆引起;江阴重力高异常为海相中生界埋藏较浅,相对隆起的结果;宜兴北部重力高异常、溧阳北重力高异常、嘉定重力高异常、海宁重力高异常、嘉兴—奉贤重力高异常带等都为海相中、古生界或浅变质岩系埋藏浅,相对上隆所引起。

也有少数局部重力异常与火成岩有关,如马鞍山重力低异常与中酸性火成岩的连片分布有关,高淳南重力高异常是由于古生界褶皱上隆和密度较高的辉长岩、闪长岩类侵入两种因素共同引起。

综合上述4个小区的局部重力异常成因,可以概括地认为前侏罗系顶面及新生界底面的起伏、火成岩的分布是引起局部重力异常的主要成因。深变质基底的起伏似乎在布格重力异常中未见明显影响,推测与其埋深较大、界面密度差异较小有关。莫霍面的宏观形态是造成区域性重力异常背景变化的主要因素之一。

### 3. 大别重力异常区(Ⅲ区)

该区属于秦岭—大别山地块的一小部分,异常数值在 $-1 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 以下,本区范围内异常形态不完整,为巨大的椭圆状重力低异常,异常中心布格异常值小于 $-60 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ,是苏浙皖重力异常最低的地区。桐城南侧存在一个沿北东向展布的局部重力低异常带,其长轴约为60km,短轴10km左右,是该区最低的局部重力异常区。据地质和其他物探资料推测,该区局部重力异常低为中生代断陷低物性密度特征的反映,其成因与东侧的其他地区局部异常相似。

大别地区明显的重力背景值降低是由什么因素引起的呢?研究表明,大别低重力异常区范围与大别地形隆起相对应,在异常解释上很难排除山区高度改正以及中间层改正不完善的有关因素的影响,但这只能是形成重力异常低的偶然因素之一,不是其必然因素。大别地区地表广泛出露上太古界至下元古界,其间穿插分布大量的元古代至中生代燕山期的侵入岩和火山岩。侵入岩在地表的广泛出露往往与深部大范围的花岗岩侵入密切联系,而大规模的花岗岩侵入必将形成低密度效应。因此有理由推断广泛的花岗岩可能是造成大别地区区域重力背景值低的主要因素之一。此外,大别地区作为高地形起伏区,按照传统的地质模式,应对应山根的下陷,莫霍面埋深降低。大别地区莫霍面埋深约36km,比邻近地区下降了3~4km。这无疑是引起大别地区重力低值效应的又一重要因素。

### 4. 皖南重力异常区(Ⅳ区)

本区西界为长江断裂的九江至青阳段,北界与Ⅱ-4小区的南界重合,南界为江绍断裂。

该区重力场的最大特征是区域性重力低异常,全区除兰溪存在大于零的布格重力异常外,其余均为负值区。与Ⅱ-4小区比较,重力值平均降低 $25 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 左右,区内局部重力异常的走向以近东西向为主,靠江绍断裂一侧有所变化,异常走向的方向与江绍断裂一致。

异常负值区均为高山区,与地形图对比,发现某些异常与地形有一定的依存关系。经计

算, 如果布格改正时密度存在  $0.25 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$  的误差, 平均相对高差达 1000m 时, 产生的最大重力异常差值可达  $-10.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。上述估算值可作为本区因地形变化产生的重力影响的最大值。由此分析本区的重力异常值, 可以认为重力场值的普遍降低与地形起伏有关。

局部高重力场一般对应着沉积岩或浅变质岩分布区, 本区几个较大规模的中生代盆地主要有衢县盆地、休宁盆地、金华盆地等, 它们都无一例外地位于重力高值区。根据古生界—元古界地震、地质研究资料推断, 这些盆地的沉积岩系主要为白垩系—第三系 (K—E) 陆相碎屑岩, 岩石密度一般较盆地周边的古生界—元古界 (Pz—Pt) 要低, 在重力场上表现为低值特征, 但实际上却表现出高值。那么形成重力高异常的真正原因是什么呢? 综合各方面的资料分析, 可能主要有三个原因: 其一, 这些盆地地表均为低地形, 盆地周边环境延绵起伏的高山, 高山区均为重力低值区, 盆地地区则为重力高值区, 如此规律性的重力异常高低变化可能与地形改正、中间层改正有关; 其二, 盆地的基底一般为元古代浅变质岩系或时代偏老的古生代地层, 位于盆地之下的基底多为凸起状态, 它们必然产生重力高值效应; 其三, 这些盆地大都对应莫霍面的隆起状态, 莫霍面上隆也会产生重力高值效应。以上因素已在重力正演拟合中得到验证。

观察该区域重力场背景, 石台、旌德、开化、景德镇所在区域, 形成一个场值显著降低的区域重力低异常区, 至歙阳、余干一带转为相对增高区。此种区域性的重力场面貌, 与莫霍面的起伏密切相关。应注意的是侵入岩分布区尤其是中酸性的印支—燕山期花岗岩不但造成了局部重力异常低, 而且由于其连续分布也造成了大范围内的综合重力低效应, 从而使区域性重力低异常, 剥除中、新生界和莫霍面的重力效应后的剩余重力异常, 由此可见花岗岩侵入对形成大范围的重力低异常有重要影响。

### 5. 浙东重力异常区 (V 区)

本异常区属于华夏地块的一部分, 北至江绍断裂, 东抵东海海域, 重力异常的显著特征是异常等值线舒缓, 横向变化小, 局部异常走向无规律, 起伏不大。全区布格重力异常多在  $-10 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$  以下, 接近海域部分逐渐过渡到正异常区。重力异常低主要由中生代火山作用引起。浙东地区是大面积火山岩分布区, 巨厚火山岩是造成区内重力异常降低的主要因素。

## 二、地磁场特征

地磁场特征以现今地磁场特征为背景, 以航磁异常为代表, 而航磁异常是地下各种具有磁性的地质体在地表上方一定高度形成的磁场强度的矢量总和。确定引起航磁异常的不同地质因素, 是航磁异常地质解释的基础, 而了解区内岩石矿物的磁性特征、磁性地质体的分布状态是航磁异常地质解释的基础。不同地质体的磁场特征不同。

(1) 变质基底。变质基底的磁场强弱取决于变质基底的岩石性质, 苏浙皖区变质基底由晚太古代的深变质岩系和早中元古代的浅变质岩系组成。磁性资料表明太古代深变质基底具有中等以上磁性, 它们一般可形成明显的磁异常, 当深变质基底埋藏较浅时, 表现出磁场强度大, 在高背景上叠加剧烈变化的高频异常之特点。当埋深加大时, 高频异常迅速衰减, 而出现以低缓变化背景为主的磁场特征。浅变质基底磁性微弱, 一般在航磁异常图上无反映, 但当浅变质岩的原岩为火成岩或含有丰富的磁性矿物时, 也可出现明显磁异常。

(2) 火山岩。火山岩磁场的共同特点是场值跳跃剧烈, 正负异常交替出现, 异常形态尖锐, 横向变化大而杂乱。当埋深加大时, 其跳跃变化特征逐渐减弱。

苏浙皖区火山岩广泛发育,印支、燕山期和喜山期是全区火山岩活动的主要时期,印支期和燕山期的侏罗—白垩纪主要发育中酸性火山岩,喜山期主要发育以玄武岩为主的基性火山岩。一般来说,基性火山岩磁性强于中性火山岩。

(3) 侵入岩。侵入岩一般比较有稳定的磁化强度,尽管它们的磁场有时变化较大,但与火山岩相比却平稳得多。一般情况下,侵入岩的磁场按照酸性—中性—基性的顺序逐渐增强。

苏浙皖区的侵入岩以花岗岩为主,其次为闪长岩,也分布有少量的辉绿岩、辉长岩。其中花岗岩主要有3期,分别是印支期的花岗岩( $\gamma_5^1$ )、燕山早期花岗岩( $\gamma_5^2$ )和燕山晚期花岗岩( $\gamma_5^3$ )。花岗岩的磁性强弱与所含暗色矿物的多少有关,暗色矿物含量越高磁性越强。太古代至元古代晋宁期亦发育花岗侵入岩( $\gamma_1$ 和 $\gamma_2$ ),但其分布范围仅局限于皖北地区和大别地区。此外在江绍断裂西北及皖南尚有少量分布。

(4) 沉积岩。沉积岩一般不产生磁性,当沉积岩中富集磁性矿物时,也可出现幅值较低、横向变化不大的磁性特征。沉积岩赋存厚度较大时,一般表现出平缓负值背景为特征的磁异常。

以上4种典型磁场特征只具有统计学上的意义,它们之间并不具有截然的差别(表1-2)。实际上一般是由几种地质因素叠加的结果,只有当其中一种或几种地质因素占主要地位时,才会显示出比较明显的磁异常特征,这些情况使得磁异常的地质解释出现多解性及复杂性。

从航磁( $\Delta T$ )异常图(图1-3)中可看出航磁异常的面貌在不同区域具有不同特征。这种磁异常特征上的差别是不同地质因素的综合表现形式,因此根据磁场的形态、幅值极性走向、横向变化、展布范围等特征进行划分,可划分6个异常区(图1-4)。

### 1. 皖北磁异常区(I区)

该区以皖北地区为主,东界出现一条连续展布的磁异常带与苏北平静磁异常区相分割,该磁异常带宽20~30km,其走向与郯庐断裂带相吻合,嘉山以北总体走向近南北,嘉山以南为北东向,它是郯庐断裂带在航磁场上的反映。该区的南界为一显著的航磁异常梯度带,梯度略呈向南凸出的弧状特征,它对应地质上的晓天一磨子潭断裂。该梯度带以南即进入大别磁异常区。全区磁场变化很大,航磁异常的幅值最低处在霍山、晓天一带,为-450nT,最高处在六安以北40km处和淮北附近等地,峰值达350nT以上。磁异常的走向大多为东西向。按异常的形态特征大致可分为3个异常小区。其中宿县—泗县以北地区航磁异常起伏较大,表现为在磁异常负值背景上叠加数个局部正磁异常。这些地区正异常主要由侵入岩引起,侵入体规模较大,主要为闪长岩类。徐州、邳县附近磁异常具有平缓的升高现象,根据浅变质岩出露推断,晚太古代深变质基底的埋深不大,造成磁异常强度加强。

风台至定远以南磁异常起伏不大,异常等值线光滑、舒缓,表现为平缓负值背景上叠加两处高值局部磁异常。北侧的一处局部磁异常中心在风台以南20km,面积约400km<sup>2</sup>,伴生有明显的局部负异常。这种异常形态特征往往与侵入体有关,南侧的一处磁异常面积达4000km<sup>2</sup>左右,异常等值线平缓,异常中心磁场值达250nT。根据位于合肥西北的合深3井于2357m深度上钻遇元古界( $Pt_1$ ),以及大地电磁测深HQ9, HQ10线地质解释,可以推断大型局部平稳正磁异常为深变质基底隆起的反映。宿县—泗县一线以南的蚌埠地区,磁异常变化较大,这与深变质岩系的分布和混合花岗岩的侵入有关。

皖北地区磁特征与区域背景异常的走向均为东西向,而全区大多数地区则为北东向,这

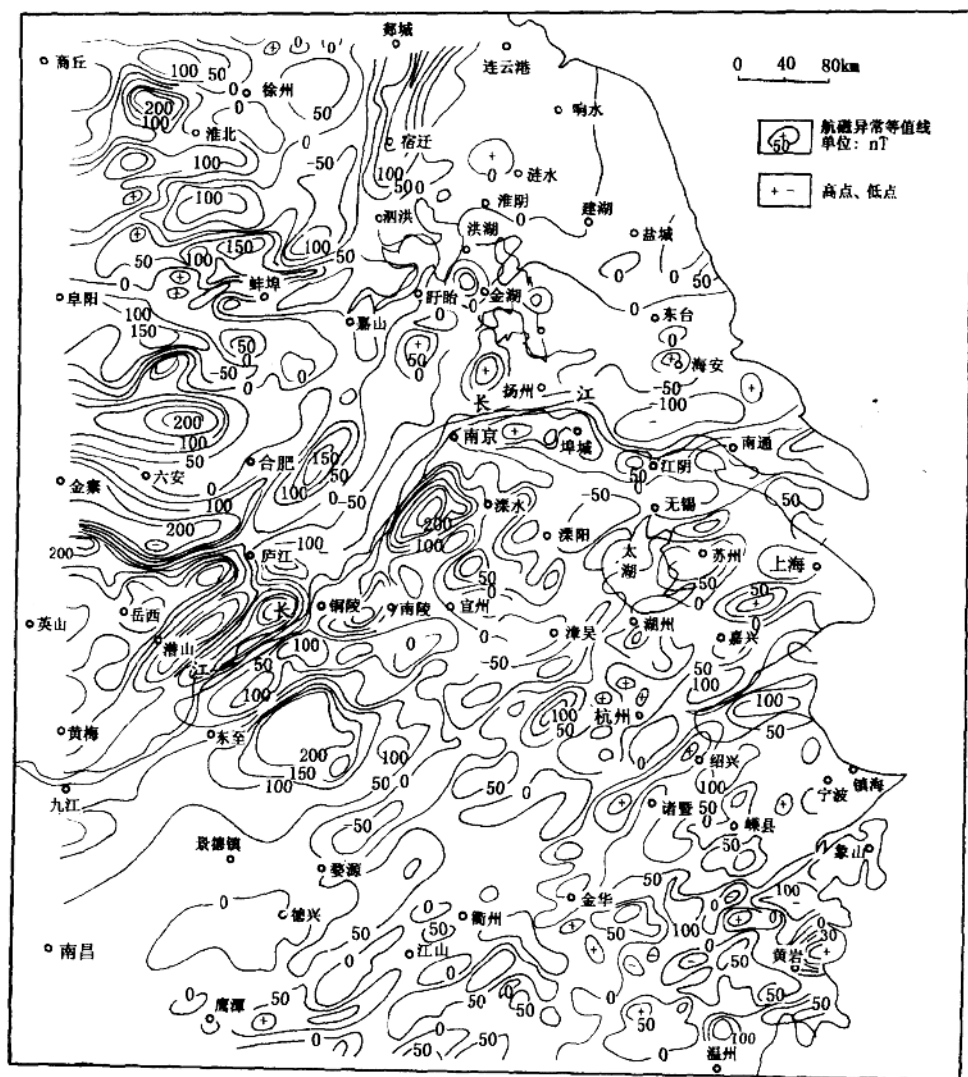


图 1-3 苏浙皖区航磁 ( $\Delta T$ ) 异常图

表明属于华北地台的皖北地区与属于下扬子地台的苏浙地区在区域构造演化上是不同的。

## 2. 苏北磁异常区 (II 区)

该区磁异常总体上以平静负磁异常为主要特征, 异常的起伏不大, 等值线光滑舒缓, 局部异常以孤立的零星分散状出现。该磁场区进一步按异常特征分为 4 个小区。连云港—泗阳—嘉山一线 (大致为连云港—嘉山断裂的位置) 以西至郯庐断裂之间的区域为第一小区 (II-1)。其磁异常特征以北北东向正异常为主, 呈一向南插入的楔形。由于该区早元古代 ( $P_1$ ) 变质岩大片出露, 航磁正异常与变质岩系有关, 该小区的东侧转为负异常区, 推测变

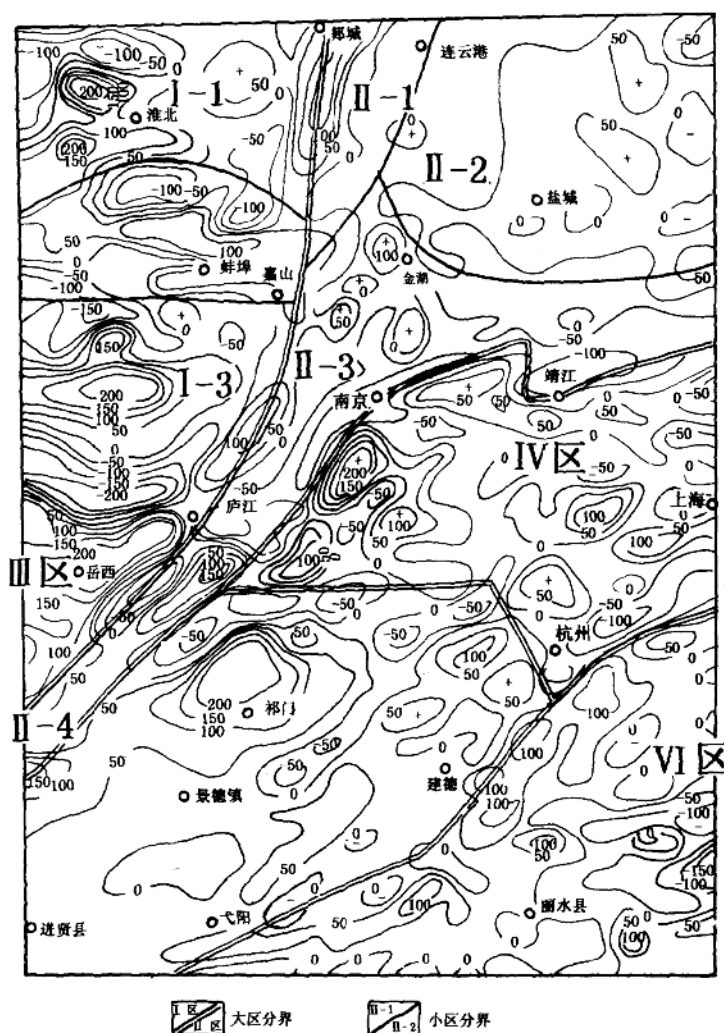


图 1-4 苏浙皖区航磁 ( $\Delta T$ ) 异常分区示意图

质岩埋深加大。II-1 小区南侧，由嘉山泗洪南、洪泽西围成的三角形区域航磁异常表现为高值特征，面貌与该小区北半部截然不同。根据该区域内出现众多火山口推测，航磁高异常分布可能由厚度较大、连片分布的新生代玄武岩层有关。

东台以北，建湖至滨海一线以东的平稳低幅度正异常区为第二小区 (II-2)，其东界一直延伸到海域，位于 II-2 小区的海域中可见几处不规则的 50nT 等值线圈起来的场值最高达 150nT 以上的团块正异常。它们周围则环绕 50nT 以下的正异常 (II-2 小区的陆上部分)。这种磁场分布的面貌与上扬子区川中陆块的航磁场极为相似。川中陆块的航磁由太古代深度变质基底所引起，并经钻井证实，显而易见，II-2 小区的磁场特征应是深埋在巨厚