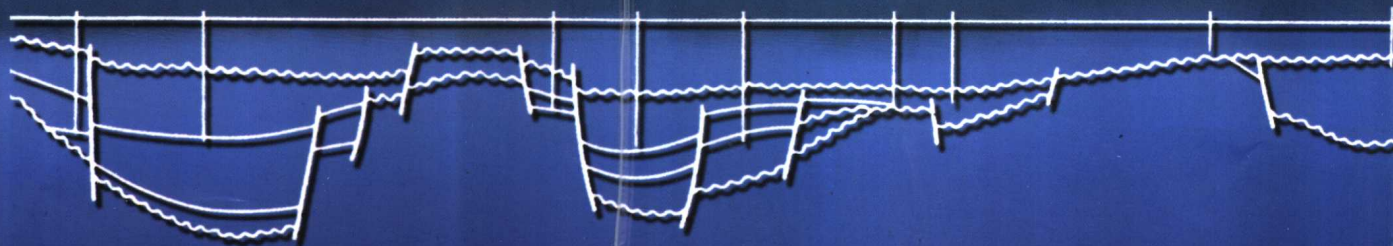


中国

东部新生代盆地油气地质

周玉琦 周荔青 郭念发 著



石油工业出版社

中国东部新生代盆地 油气地质

周玉琦 周荔青 郭念发 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是一部专门论述中国东部新生代沉积盆地发育特点及其油气成藏特征的学术著作,系统地阐述了中国东部大地构造特点,分析了中国东部新生代盆地的沉积历史及其建造特征,对中国东部新生代盆地进行了分类对比,阐述了东部不同类型新生代的构造属性及其分类依据,并分别对不同类型盆地的大地构造属性及其演化史、盆地沉积特征、油气富集规律进行了详细的分析对比,最后预测了中国东部新生代盆地油气资源量并对其勘探潜力进行了分析。

该书适合从事石油与天然气地质,尤其是从事中国东部油气勘探及地质科研人员使用,也可作为相关高等院校和科研院所的教学或科研参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

中国东部新生代盆地油气地质/周玉琦等著.

北京:石油工业出版社,2004.3

ISBN 7-5021-4579-6

I. 中...

II. 周...

III. 新生代-含油气盆地-石油天然气地质-研究-中国

IV. P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第011585号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里3区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:河北省欣航测绘院印刷厂印刷

2004年3月第1版 2004年3月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:22.75

字数:580千字 印数:1—1000册

书号:ISBN 7-5021-4579-6/TE·3204

定价:50.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

中国东部新生代盆地属于西太平洋边缘海盆地的一个重要组成部分, 这些盆地作为大陆与大洋之间的过渡地带, 由具有典型的大陆边缘沟—弧—盆体系所组成, 因其具有特殊的构造意义及丰富的石油天然气资源及其他矿产而一直是地质学家研究的重点。中国东部中、新生代以来, 具有相当独特的大地构造背景, 在板块构造的调制下, 与板块的碰撞、俯冲有关区域地质背景及其在此背景下而产生的构造变形直接限定了中国东部新生代沉积盆地的大地构造属性, 从而使中国东部新生代以来始终处于一种与中国西部地质背景完全不同的特殊的大地构造环境。

全世界 80% 的石油资源和 70% 的天然气资源聚集在大陆边缘附近, 作为大陆边缘的中国东部新生代盆地油气资源十分丰富, 伊兰—伊通地堑、济阳拗陷、苏北盆地、江汉盆地、南阳盆地、渤海湾盆地、东海盆地、珠江口盆地、莺歌海盆地、琼东南盆地、台西南盆地、北部湾盆地等一系列新生代盆地均蕴藏着极为丰富的石油天然气资源。这些油气资源不仅在资源的分配结构上具有丰度高、储量大等特点, 而且在油气成藏特征与地理分布等方面具有明显的特殊性及规律性, 从而构成了中国东部特殊的油气资源聚集带。

由于中国东部含油气盆地构造上隶属于西太平洋边缘海盆地, 因而具有西太平洋边缘海盆地所普遍具有的大地构造特征与属性, 即自印支运动以来, 地幔深部的物质运动促使太平洋板块向欧亚板块碰撞与俯冲, 两个板块的汇聚及相互作用, 造就了中国东部大陆边缘发生了一次带有根本性变革意义的构造运动。这次范围波及整个中国东部的构造运动, 结束了长期以来的海相盆地的沉积历史, 取而代之的是全区域的新的沉积体制——陆相沉积体制的出现, 从而使中国东部自中生代开始了陆相盆地及其陆相油气成藏的历史。

新生代初期, 随着古特提斯洋的完全关闭, 欧亚板块之下的地幔流运动方向发生了改变。在亚洲东部表现为地壳向东蠕散, 其南部表现为向南东方向的拉张, 导致中国东部整体上处于一种拉张构造环境, 从而出现了一系列新生代陆相拉张含油气盆地, 渤海湾盆地、苏北—南黄海盆地、东海盆地、南海盆地等均是这一构造背景下的产物。

始新世晚期, 由于印度次大陆与欧亚大陆发生碰撞, 青藏地区开始隆起, 与此同时, 太平洋板块运动方向由 NNW 转为 NWW 向, 导致菲律宾板块作用的加强, 使南海盆地进一步扩张, 从而为南海盆地油气的生成、运移、聚集与保存提供了一个有利的地质环境。

晚渐新世—早中新世, 由于印度板块作用的不断加强, 青藏高原持续性上升, 其岩石圈底部不断增厚。这一时期, 西伯利亚板块向南移动, 欧亚板块向东方向的地幔流活动变得活跃, 太平洋板块与欧亚板块的作用又一次普遍地得到加强, 导致中国东部大陆边缘早期已经形成的 NNE 向与 NE 向断裂带大幅度裂开, 地幔物质沿这些深部断裂侵入或喷发, 使中国东部新生代盆地沉积体系中普遍发育新生代火山岩。火山活动既对新生代盆地的油气聚集具有破坏性的一面, 又有促进油气成熟度、有利油气运移与聚集的一面。

在中国东部新生代盆地生成、发展与演化过程中, 郯庐断裂带始终发挥着重要的作用。这是我国东部形迹上最为壮观、规模上最为巨大且迄今仍在活动的巨型断裂带, 全长 2500km。深部地质研究表明, 郯庐断裂带不仅横向上规模巨大, 而且纵向上切割纵深, 断

裂带底部一直延续到上地幔。中生代是郯庐断裂带活动的主要时期，并发生巨大的左行平移作用。侏罗—白垩纪，郯庐断裂带处于挤压构造环境，沿断裂带附近形成大量的钙碱性火山岩，新生代以来郯庐断裂带基本上处于拉张伸展构造环境，形成大量的碱性火山岩。如果说沉积盆地的油气聚集与大型断裂带之间存在着某种联系，那么中国东部新生代含油气盆地的生成、发展与演化与郯庐断裂带之间的联系是显而易见的，郯庐断裂带对中国东部新生代盆地施加的影响最为重要且具有本质意义。随着地质研究地不断深入，这种影响及其所产生的效果会愈来愈明显。

石油与天然气地质研究与勘探所面临的对象首先是盆地，盆地作为油气聚集的场所在油气生成、运移、聚集与保存过程中，始终发挥着重要的作用并扮演着重要的角色。盆地这一术语来源于地理学，在地理学概念的基础上，石油地质工作者把盆地赋予沉积实体的内容称为沉积盆地，而最早是原苏联学者把沉积盆地与油气联系在一起称为含油气盆地。从上世纪60年代开始，我国石油地质学者出于对油气勘探的需要，将具有含油气远景的沉积盆地称为含油气盆地。随着石油天然气工业的不断发展和板块学说的兴起，地质学家对含油气盆地的研究也不断深入，有关含油气盆地的分类也越来越受到石油地质工作者的关注。针对含油气盆地的分类，不少学派提出了不少学术观点，其中在石油地质学占有主导学术地位的有关盆地的分类有六种，而以沉积盆地的大地构造分类更具有学术代表性。

我们在吸取、总结和归纳前人研究成果的基础上，以板块构造理论为指导，根据盆地所处板块构造部位、盆地与深大走滑断裂的关系及古今构造叠合关系等控制含油气盆地构造和沉积演化的重要因素，把中国东部新生代含油气盆地划分为陆内走滑裂陷盆地、陆内走滑—拉张裂陷盆地、主动大陆边缘盆地和复合型大陆边缘盆地四大类十五亚类，并从不同类型盆地大地构造属性出发，对各种盆地的沉积建造与油气地质特征及其成藏规律进行了系统阐述。根据张亮成（1986）的统计，全世界大型沉积盆地（盆地面积大于1000km²、沉积厚度大于1000m）共有944个，其中中、新生代沉积盆地占90%，而在256个中、新生代盆地中发现了油气田，由此可见中、新生代含油气盆地在世界油气资源结构中占有重要地位。中国东部是我国重要的石油天然气工业基地，东部新生代含油气盆地的油气资源在我国的能源结构上占有重要地位。阐明中国东部新生代含油气盆地大地构造属性，论证板块构造对中国东部新生代含油气盆地生成、发展与演化的影响，总结东部新生代盆地油气地质研究成果，提升东部新生代含油气盆地油气勘探开发水平，无论在理论方面还是在实践方面均具有重要意义，这就是我们编写这本书的目的与初衷所在。

这是一部共同构思创造的学术成果，我们在充分吸收前人研究成果的基础上，共同编撰了这部学术著作。在本书的编写过程中，得到了许多专家和学者的帮助与指导，他们不仅提出了不少有益的学术指导，而且还提供了大量的宝贵资料，在此特向他们表示感谢！尤其是雷一心高级工程师、张淮博士、钱桂华博士、郑绍贵高级工程师、刘振武工程师、陈时伟、邓蓉等技术人员，他们给予了我们巨大的帮助，对此我们表示真诚的谢意！

由于时间匆忙，水平有限，书中的错误敬请批评指正！

作者

2003年12月31日

目 录

第一章 中国东部板块构造活动与新生代盆地的形成	(1)
第一节 中国东部地球物理场特征.....	(2)
第二节 中国东部新生代盆地基底构造.....	(10)
第三节 中国东部新生代火山岩.....	(21)
第四节 中国东部新生代裂谷盆地的板块构造动力学环境.....	(41)
第二章 中国东部新生代盆地沉积环境与沉积建造	(52)
第一节 中国东部新生代盆地结构类型.....	(52)
第二节 中国东部新生代盆地沉积体系与充填型式.....	(58)
第三节 中国东部新生代沉积古气候.....	(62)
第四节 中国东部新生代古生态与古地理环境.....	(69)
第五节 中国东部新生代沉积盆地古盐度.....	(85)
第六节 中国东部新生代盆地沉积层序.....	(92)
第三章 中国东部新生代盆地类型及其形成地球动力学特征	(103)
第一节 中国东部新生代板块边缘构造动力学环境与盆地形成及演化.....	(103)
第二节 中国东部主要岩石圈走滑断裂与新生代盆地形成及演化.....	(114)
第三节 中国东部新生代含油气盆地成因类型.....	(117)
第四章 走滑裂陷盆地油气地质特征	(130)
第一节 伊兰—伊通走滑裂陷盆地构造特征.....	(130)
第二节 伊兰—伊通走滑裂陷盆地沉积建造特征.....	(142)
第三节 伊兰—伊通走滑裂陷盆地含油气组合特征.....	(145)
第四节 伊兰—伊通走滑裂陷盆地油气形成分布规律.....	(149)
第五章 走滑—拉张裂陷盆地油气地质特征	(159)
第一节 走滑—拉张裂陷盆地油气地质特征.....	(159)
第二节 渤海湾走滑—拉张裂陷盆地油气地质特征.....	(164)
第三节 苏北走滑—拉张裂陷盆地油气地质特征.....	(184)
第六章 陆内拉张裂陷盆地油气地质特征	(196)
第一节 陆内拉张裂陷盆地大地构造属性.....	(196)
第二节 陆内拉张裂陷盆地构造特征.....	(197)
第三节 江汉盆地油气地质特征.....	(204)
第四节 东濮盆地油气地质特征.....	(213)
第五节 泌阳凹陷油气地质特征.....	(222)
第七章 主动大陆边缘弧后拉张裂陷盆地油气地质特征	(227)
第一节 主动大陆边缘弧后拉张裂陷盆地大地构造属性.....	(227)
第二节 东海盆地构造特征.....	(233)
第三节 东海盆地地球物理场分布.....	(241)

第四节	东海盆地基底特征·····	(244)
第五节	东海盆地沉积环境与沉积建造·····	(249)
第六节	东海盆地油气聚集规律及勘探前景·····	(254)
第八章	复合型大陆边缘拉张裂陷盆地油气地质特征·····	(261)
第一节	复合型大陆边缘拉张裂陷盆地大地构造属性·····	(261)
第二节	珠江口盆地构造特征·····	(269)
第三节	珠江口盆地沉积环境·····	(277)
第四节	珠江口盆地油气储集封盖条件·····	(283)
第五节	珠江口盆地油气聚集特征·····	(287)
第九章	复合型大陆边缘走滑—拉张裂陷盆地油气地质特征·····	(295)
第一节	复合型大陆边缘走滑—拉张裂陷盆地构造属性·····	(296)
第二节	莺歌海盆地构造特征·····	(300)
第三节	琼东南盆地构造特征·····	(305)
第四节	莺歌海盆地油气聚集规律·····	(308)
第五节	琼东南盆地构造演化与含油气系统·····	(316)
第六节	万安盆地油气聚集规律·····	(320)
第十章	中国东部新生代盆地油气聚集规律及资源预测·····	(328)
第一节	中国东部新生代盆地烃源岩特征·····	(328)
第二节	中国东部新生代盆地烃源岩地球化学评价·····	(333)
第三节	中国东部新生代盆地油气封盖条件·····	(338)
第四节	中国东部新生代盆地油气资源预测·····	(343)
第五节	中国东部大陆裂陷盆地大油气田分布特征·····	(347)
参考文献	·····	(351)

第一章 中国东部板块构造活动与新生代盆地的形成

中国东部是石油、天然气聚集成藏的重要地区之一，蕴藏着丰富的油气资源，长期以来一直是地质学家关注与研究的对象。关于中国东部地理的划分目前尚未统一，一种划分是以位于东经 102° 的贺兰山—横断山巨型南北带为界，该线以东地区为中国东部，以西地区为中西部；另一种划分方案是以太行山—武陵山一线为界，该线以西为中国西部，以东为中国东部。本文倾向于采用后一种划分，因为中国东部新生代含油气盆地主要分布于太行山以东地区，从中生代开始处于环太平洋构造域的大地构造演化背景下，其地壳基本构造格局呈北北东—北东向隆拗相间带状分布，新生代喜马拉雅构造变动活跃，新生代油气的成藏与保存特征受喜马拉雅构造变动的影响，更多地表现了喜马拉雅构造的特征。

中国新生代含油气盆地发育，油气资源丰富。以第三系为目的层系的石油与天然气勘探发展迅速，从南到北均有第三系油气田的发现，随着油气勘探的进展，以第三系为主要层系的新生代含油气盆地的研究程度不断提高。通过大量地质研究，特别是钻井与地震资料的分析研究，对中国东部新生代含油气的分布取得了较为深入地认识与了解。整个东部新生代含油气盆地已成为我国重要的含油气盆地，第三系油气成藏类型已成为中国东部重要的油气成藏类型。

第三系沉积盆地是中国东部新生代油气聚集成藏的基本单元与主要场所。第三系沉积盆地在中国东部异常发育(图 1-1)，其形成机理

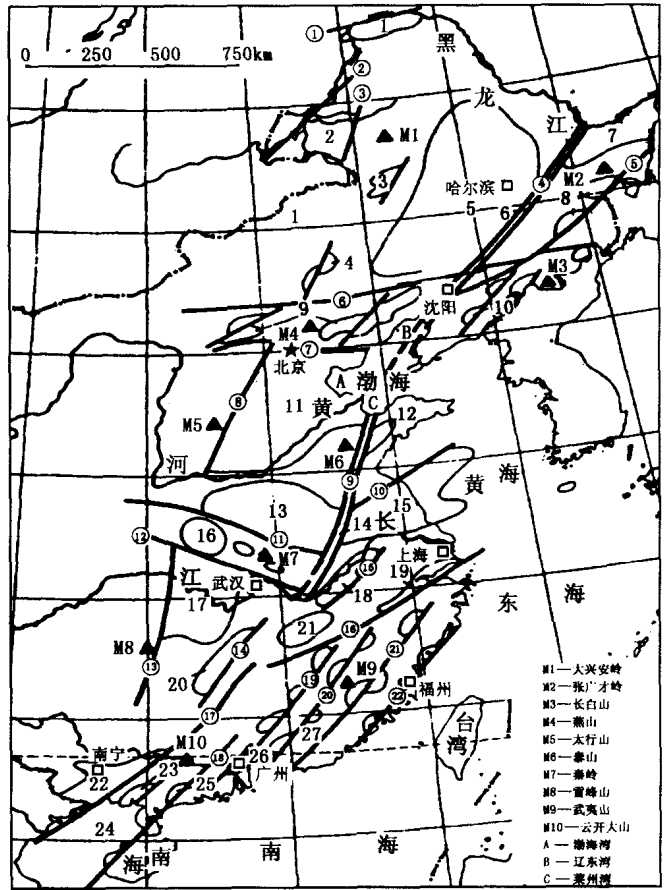


图 1-1 中国东部裂谷盆地分布图(据田在艺, 1990)

断层: ①漠河; ②额尔古纳河; ③伊敏河; ④依兰—伊通; ⑤敦化—密山; ⑥赤峰—开原; ⑦昌黎—南口; ⑧太行山东; ⑨郟城—庐江; ⑩嘉山—响水; ⑪明港—金寨; ⑫襄樊—广济; ⑬雪峰山; ⑭衡阳; ⑮东至—芜湖; ⑯江山—绍兴; ⑰钦州; ⑱四会—吴川; ⑲武夷山西; ⑳武夷山东; ㉑丽水—海丰; ㉒长乐—诏安。

盆地: 1—漠河; 2—海拉尔; 3—阿尔山; 4—开鲁; 5—松辽; 6—依兰—伊通; 7—三江; 8—鸡西盆地群; 9—阜新盆地群; 10—浑江盆地群; 11—渤海湾; 12—莱阳; 13—南华北; 14—郟城—庐江; 15—苏北—南黄海; 16—南阳盆地群; 17—江汉—洞庭; 18—无为; 19—衢县—杭州; 20—衡阳; 21—鄱阳; 22—十万大山—百色; 23—合浦; 24—北部湾; 25—茂名; 26—三水; 27—东南盆地群

与演化历史有所不同,大多数盆地是在中生代沉积盆地基础上进一步发育起来的,中生界沉积与第三系沉积呈连续状态,这类盆地第三系分布范围一般比中生代盆地大,第三系厚度一般比中生界厚,这种类型的盆地属于继承型盆地,如渤海湾盆地、三江盆地等。有些第三系盆地虽然是在中生代断陷盆地的基础上发育起来的,但是第三系沉积属于盆地萎缩阶段的产物,盆地第三系的分布范围明显小于中生界,厚度也小,这类盆地属于残留型盆地,如松辽盆地、二连盆地等。另一类盆地是受喜马拉雅运动的影响或控制在第三纪新发育起来的盆地,这类第三系盆地属于新生型盆地,也是狭义的第三系沉积盆地,如莺歌海盆地、百色盆地等。就全国而言,盆地面积大于 100km^2 以上的中、新生代沉积盆地有373个,总面积达 5480620km^2 。其中有第三系发育的沉积盆地246个,总面积约 4852370km^2 。在这246个盆地中,以第三系沉积为主的继承型与新生型盆地有100个,其中在中生代盆地基础上发育起来的继承型盆地47个,总面积达 1156360km^2 ;第三纪新生型盆地53个,总面积 1358050km^2 。第三系不发育的残留型盆地146个,总面积约 2337960km^2 。在373个中、新生代沉积盆地中,以第三系为主的100个盆地,面积约 2514410km^2 ,是第三系研究与油气勘探的重点盆地,它们的绝大多数位于中国东部。

第一节 中国东部地球物理场特征

中国东部滨太平洋带的范围包含大兴安岭—太行山—武陵山—苗岭山系构造带以东至沿海及台湾、海南岛等。这一地区的地球物理场与其他地区相比,特征上具有显著的不同,区域重力场与磁场分别具有如下特征及地质属性。

一、区域重力场特征

重力场是地表地形、地壳浅部和深部的、局部和区域的构造形态和状态的综合反映。一般情况下 $1^\circ \times 1^\circ$ 区域平均重力场是压制或消去了浅部和局部等因素的影响,对区域性构造形态和深部莫霍面的起伏等特征反应很敏感,这种重力场特征基本上能够反映区域性的和深部的构造特性。选用的中国东部滨太平洋带的 $1^\circ \times 1^\circ$ 平均布格重力异常图是以布格重力异常数据按经纬各 1° 作为单元,求其平均值,再根据各单元的平均值编绘而成。其中,海南岛地区是采用原中国科学院地球物理研究所编制的海南岛布格重力异常图求得的;台湾岛和海峡地区是根据有关资料确定的。

从中国东部滨太平洋带 $1^\circ \times 1^\circ$ 平均布格重力异常图(图1-2)可以明显地表现东部地区区域重力场总的分布趋势,它与地貌地势的西高东低的分布特征相关关系很好,即由东向西,重力异常值逐渐降低。在本区东缘沿海及平原地区,重力异常值较高。如辽东半岛和渤海一带,约为 $(30 \sim 20) \times 10^{-5}\text{m/s}^2$;东北、华北平原为 $(10 \sim -10) \times 10^{-5}\text{m/s}^2$;内蒙、山西高原和南岭一带则减低为 $(-50 \sim -100) \times 10^{-5}\text{m/s}^2$ 。对以 $-100 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$ 重力异常等值线为西界的中国东部滨太平洋带的重力场特征作进一步的分析:

在重力异常场中,根据重力异常等值线分布的特点,可分为两类不同情况:一类是重力异常等值线密集的地带,表明该处重力异常值是急剧地变高或变低,即重力异常的梯度绝对值 $G = |\Delta g / \Delta s|$ 很大。此种地带可称为重力异常高梯度带。另一类则为重力异常等值线相对较为稀疏的地区,表明重力异常值在此变化较平缓, G 值小。这种地区称为重力异常平缓变化区。

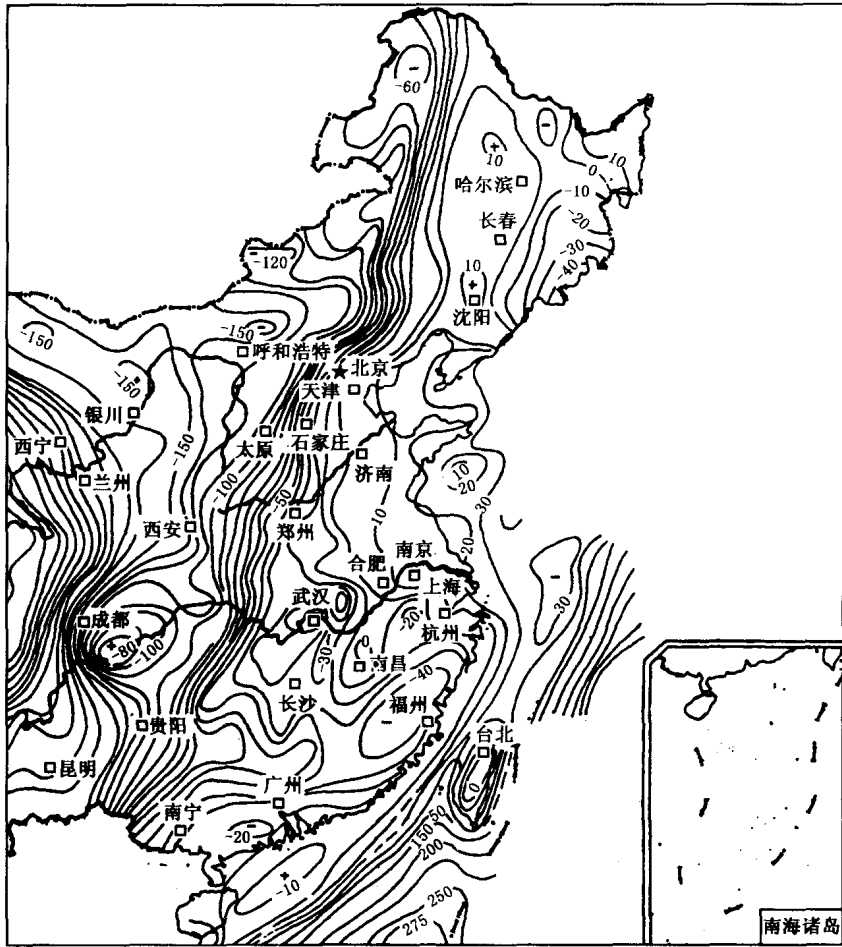


图 1-2 中国东部布格重力异常图
(等值线单位: $\times 10^{-5} \text{m/s}^2$)

1. 重力异常高梯度带

中国东部滨太平洋带的重力异常场范围内存在着几条明显的、巨大重力异常高梯度带和夹于其间的重力异常平缓变化的区域。这些重力异常高梯度带可分为五个带系。

1) 大兴安岭—太行山—武陵山—苗岭—桂西山地重力异常高梯度带 (简称中国东部重力异常高梯度带)

此重力异常高梯度带位于东部滨太平洋带西缘, 由重力异常值为 $(-50 \sim -100) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 的重力异常等值线集束呈一条明显的北东、北北东向的条带。带宽一般为 $50 \sim 100 \text{km}$, 梯度值 G 在 $(0.5 \sim 1.0) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 左右。此带北接外兴安岭, 由漠河以北北东走向沿大兴安岭南下, 至河北隆化、丰宁的云雾山一带折为近东西向; 在宣化、怀来又转回北北东向, 经太行山东麓过焦作、洛阳后, 沿熊耳山在栾川一带切过老君山、伏牛山之间, 继以南北走向过丹江、宜昌至湖南, 沿武陵山东麓、苗岭、广西北部山地, 再经百色、那坡后直接与越南北部山系相连。本带全长约 4000km , 是中国东部最显著的、巨大的、贯穿南北的、近北东走向的重力异常高梯度带。

2) 天台山—雁荡山—戴云山重力异常高梯度带 (简称东南沿海重力异常高梯度带)

此重力异常高梯度带分布在中国东南浙、闽、粤沿海, 由重力异常值为 $(0 \sim -50) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 的等值线集簇呈现为北东走向。其带宽度约为 $60 \sim 100 \text{km}$, G 值为 $(0.4 \sim 0.9) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。该带北起宁波附近的四明山一带, 经天台山、雁荡山、戴云山、博平岭, 到海丰附近的莲花山、海岸山脉东缘, 全长约 1300km 。这是中国东部滨太平洋带中又一明显的、长的重力异常高梯度带。

3) 台湾东部重力异常高梯度带

此重力异常高梯度带分布在台湾岛东海岸及近海, 长约 300km , 呈北北东向展布。重力异常值变化比较急剧, G 值为 $(1.0 \sim 1.1) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。

4) 长白山重力异常高梯度带

此重力异常高梯度带分布在辽宁、吉林东南长白山和朝鲜北部等山区, 带长约 500km , 宽 250km , 总体呈长菱状, 带形不明显。但带内梯度值 G 相对较高, 约为 $(0.5 \sim 0.6) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$, 重力值最低达 $-90 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。

5) 南岭重力异常高梯度带

此重力异常高梯度带主要沿南岭山系以近东西走向和沿武夷山脉以北东走向分布, 而西端在桂林、古宜附近与中国东部重力异常高梯度带的苗岭段相汇合。带长约 1100km , 宽约 $200 \sim 300 \text{km}$, 带形较明显, 但梯度值 G 较低。与前几个条带重力为单斜递变者不同, 此带是重力值由高到低再增高的向斜型变化。 G 值在西段较低缓, 为 $(0.2 \sim 0.3) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$; 在东北段为 $(0.3 \sim 0.45) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。

2. 重力异常平缓变化区

在中国东部滨太平洋带重力场内, 根据重力分布特征大体可划分为三个重力异常平缓变化区。

1) 东北重力异常平缓变化区

此区的范围包括东北大平原及其周边丘陵与沿海地带。本区东西两侧受夹于长白山与大兴安岭重力异常高梯度带之间, 面积约有北纬 $5^\circ \times 10^\circ$ 之大。重力场总体上变化缓和, 绝大部分面积上的重力值为 $(0 \sim -10) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$; G 值一般小于 $0.1 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。在靠近东西两侧边缘接近重力高梯度带附近, 重力异常值才逐渐降到 $-30 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 以下, G 值稍增至 $(0.2 \sim 0.3) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。

2) 华北、华东—江汉重力异常平缓变化区

本区西起中国东部重力异常高梯度带的太行山段以东至沿海, 南抵北纬 30° 的浙皖、幕阜重力异常低值带以北, 但包含江汉相对高值小区。区内重力场特征表现为重力异常值在绝大部分地区为 $(0 \sim -30) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$, 在渤海海域较高, 为 $(10 \sim 20) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。因此平缓变化场的梯度值 G 大多为 $0.1 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$, 仅在西部山前地带和沿海部分地区 G 值稍升高到 $(0.2 \sim 0.3) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。根据重力异常等值线在冀、渤、胶、辽弧形地区的分布形态, 表现其受北东、近东西向的两种构造趋势干扰影响, 走向有北东向, 也有近东西向, 在沂蒙山区重力异常等值线呈一封闭形态的重力低值区, 在两湖及长江中游重力异常等值线为近东西走向封闭形重力高值区。

3) 华南重力异常平缓变化区

本区在南岭重力异常高梯度带以南、东南沿海重力异常高梯度带西面, 并向南延至海南岛等地。区域重力场的异常等值线走向受南岭重力异常高梯度带影响, 仍以近东西向为主导

趋势。重力异常值由北向南自 $-40 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 递增至 $-50 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 左右, G 值为 $\leq 0.1 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。

二、区域磁场特征

中国东部磁场分布极其复杂,按磁异常的走向、强度、梯度等特征,自北向南可分为:东北磁异常区、阴山—燕山磁异常带、华北磁异常区,秦岭—大别山磁异常带。每个磁异常区(或带)又可进一步划分成若干亚区和亚带。

阴山—燕山磁异常带由一系列东西走向正负磁异常带组成。它的西部为阴山负磁异常带,以负磁异常为主,强度为 $-100 \sim -200 \text{nT}$,其中夹有强度达 200nT 以上的局部正磁异常和块体,主要反映了内蒙古地轴及其相邻构造带的磁场特征;东部是东北区南部强烈变化正磁异常带,以强烈变化的东西向正负交替异常带为特征,强度为 $100 \sim 300 \text{nT}$,反映了内蒙古地轴东段、辽东隆起和燕山台褶带的磁场特征。

秦岭—大别山正磁异常带由三段组成,西段为六盘山正磁异常带,以北西向线性正磁异常为特征,强度为 $50 \sim 100 \text{nT}$;中段是北西向的秦岭强正磁异常带,强度为 $100 \sim 300 \text{nT}$;东段是长江下游磁异常带,以近东西向和北东向的线性正负磁异常带为特征。

以阴山—燕山磁异常带和秦岭—大别山正磁异常带为界,中国东部航磁 ΔT_a 异常在南北方向可分为东北磁异常区、华北磁异常区和华南磁异常区。东北地区的航磁异常以正负交替北东向异常为主,而华北地区以区域性块状分布的磁异常为主,两个地区的 ΔT_a 异常幅值相对较高,其形态特征变化剧烈,而华南地区一般较低,变化平缓。华北地区和东北地区, ΔT_a 磁异常总体上可以划定两条走向为北东向的线性强异常带。其中陆内一条大致从大兴安岭剧烈变化异常带向西南延伸到东北南部强烈变化正异常带,直至郑州强磁场区。大兴安岭异常带主要是由晚侏罗—早白垩世的火山岩系引起;东北南部强烈变化正异常所反映的是结晶基底的一套强磁性变质岩系以及上覆的大面积侏罗纪中酸性火山岩系的分布特点,由于火山岩系的不均匀磁性而造成了磁异常强烈变化的特征;郑州强磁场区以团块正异常间杂负异常条带为特征,其正磁场异常区主要是太古代变质岩系的反映,而夹杂于其中的负异常,除部分是正异常伴随出现外,也有可能是古生代浅变质岩系引起的。另一条磁异常带是中国东部陆缘地带狭长的总体走向呈北东向的线性正异常区,北起张广才岭正磁异常带,经渤海海域向南汇入华北的郑州强磁场区东部。此异常带沿郯庐断裂两侧,磁场走向和梯度具有比较明显的差异。

三、重、磁场反映的地壳厚度变化

根据重力学理论,应用重力异常数据可以探求地壳深部的构造和界面的起伏等问题。因此,图 1-2 是研究本区深部界面起伏、地壳构造及运动的基础资料之一。依据重力资料并密切结合深地震测深等地质和地球物理等资料,采用原中国科学院地球物理研究所编制的直接由电子计算机运算的重力反演计算方法,计算地壳深部莫霍面的起伏变化,即估算地壳的厚度分布轮廓(图 1-3)。中国东部滨太平洋带地壳厚度分布特点是西厚东薄、南厚北薄,这与重力场的西低东高、南低北高呈明显的相关关系。此地带的东缘沿海及平原地区莫霍面较浅、地壳厚度较薄,一般为 $34 \sim 36 \text{km}$;在西部山地、高原,莫霍面深度(地壳厚度)逐渐增加到 $40 \sim 41 \text{km}$;在南岭地区的地壳厚度较北部平原的 $34 \sim 36 \text{km}$ 增厚约 $4 \sim 5 \text{km}$ 。在此选取大体与 $-100 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 重力异常等值线相对应的莫霍面深度为 41km 的等值线作为所

讨论的中国东部滨太平洋带的西部边界。

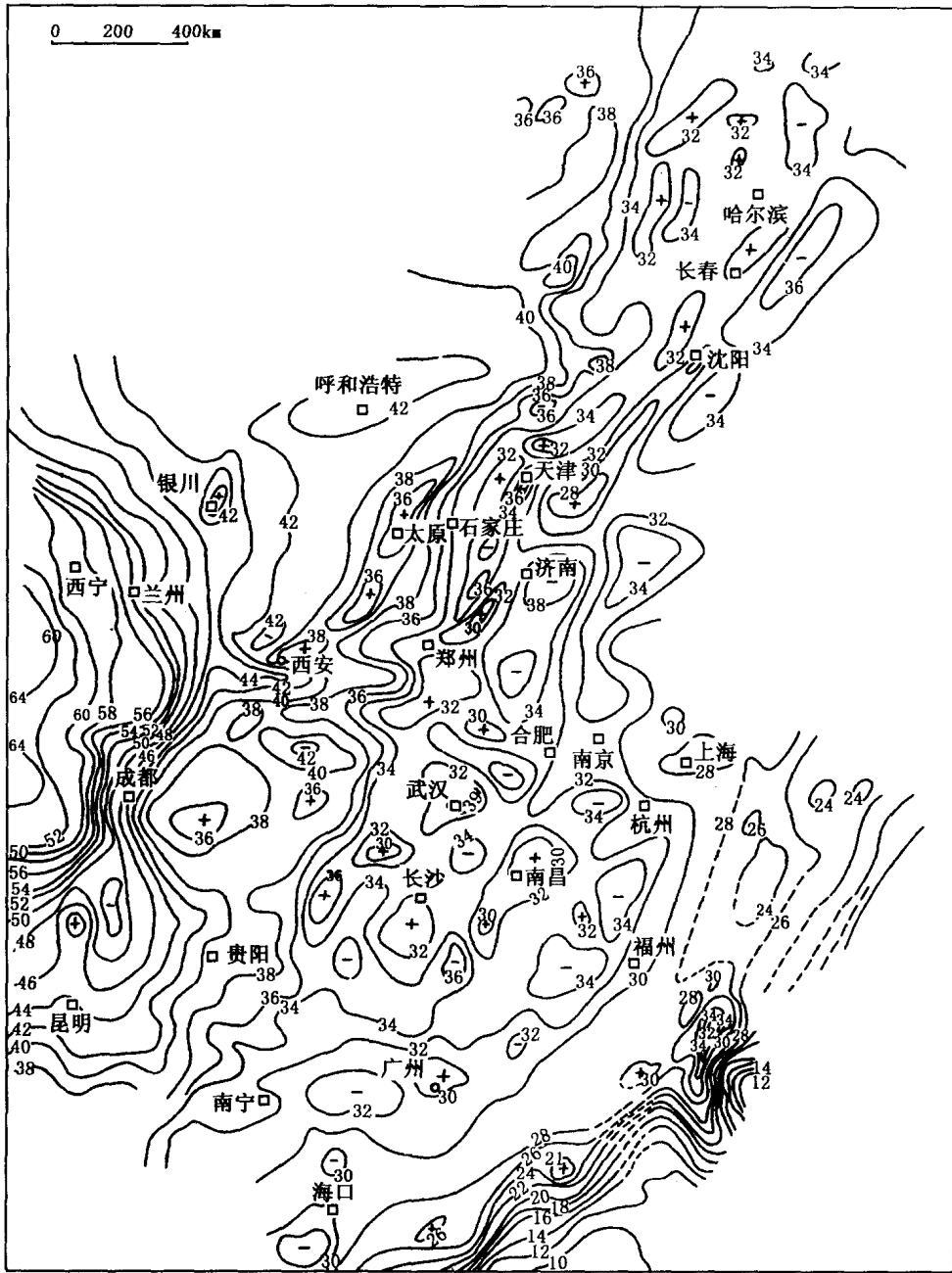


图 1-3 中国东部地壳厚度图

(等值线单位: km)

中国东部滨太平洋带存在几条地壳厚度等值线很密集的地带。这些特殊地带表明地壳厚度曾在该处发生明显的变化,即在一个很短的距离内,地壳厚度值急速地升降变化达几千米之多,故可称之为“地壳厚度陡变带”。对于等值线束密集程度稍差,即地壳厚度陡变程度稍缓,而又呈条带束状特征分布者,称其为“地壳厚度递变带。但由于重力解释的非单一

性，在地壳厚度陡（递）变带处所对应的地壳实际情况可能有：（1）呈倾斜坡状的增厚或减薄，即地壳厚度变化有一个“过渡”部分；（2）深巨断裂带造成地壳断裂，或是板块边缘接触带，即地壳厚度是突变型的；（3）由一组深断裂组成台阶式的断裂带区，地壳厚度变化形式介于前两类型之间者。但不论哪一类情况都是使地壳厚度陡（递）变带两侧地壳厚度有陡急地、明显地变化。在地壳厚度等值线密集的、厚度急剧变化的条带构造之间的广大区域内，地壳厚度等值线相对稀疏，也就是地壳厚度增减变化相对平缓的区域。这种地壳构造单元可称其为“地壳厚度缓变区”。

1. 中国东部滨太平洋带的地壳厚度陡（递）变带

在中国东部滨太平洋带范围内明显的、巨大的地壳厚度陡（递）变带计有五条。

1) 中国东部地壳厚度递变带

此递变带是展布于中国东部滨太平洋带的西侧边缘，以 38~42km 的几条密集的地壳厚度等值线束的形式显示出来。其北端自国境外延入，沿大兴安岭东麓向南经翁牛特旗至隆化、丰宁，转近东西向沿云雾山等燕山山脉前缘，再转沿太行山东侧至河南，顺着熊耳山东部再折向正南，穿过老君山与伏牛山之间，进湖北，过丹江，沿武当山、荆山东麓直至宜昌一带，再转北东向过武陵山东侧，再绕苗岭东部、九万大山，经百色、那坡延出国境外，全长共 4000km。这是一个贯穿中国东部的、巨大的、地壳厚度发生较显著变化的条带。此带与中国东部重力异常高梯度带对应较好，此条带束宽窄变化不等，在兴安岭、云雾山、太行山、武陵山、丹江—宜昌等带段上比较狭窄，宽度约为 90~100km。其他带段受非北东向构造带干扰，使带宽变大，甚至使带形模糊不清。因此，地壳厚度变化梯度也逐段有所不同。由于此带地壳厚度变化不很剧烈，故称为地壳厚度递变带较适合。

2) 东南沿海地壳厚度递变带

此地壳厚度递变带位于中国东南边缘沿海（图 1-4），表现为密集的地壳厚度等值线，长 35~38km。东南沿海地壳厚度递变带北起浙江宁海，南到广东海丰一带，途经四明山、天台山、南北雁荡山、戴云山、莲花山和海岸山的东侧延伸分布，共长达 1200km。带宽 60~100km 不等。除带的北端有近北西走向、南端有近东西走向外，全带皆呈北东走向。此地壳厚度递变带与大地构造上所指出的滨太平洋断裂体系的东南沿海深断裂系符合很好：如带北段、中段与断裂系中的宁海—漳州深断裂带、长乐—南澳断裂带相对应；中、

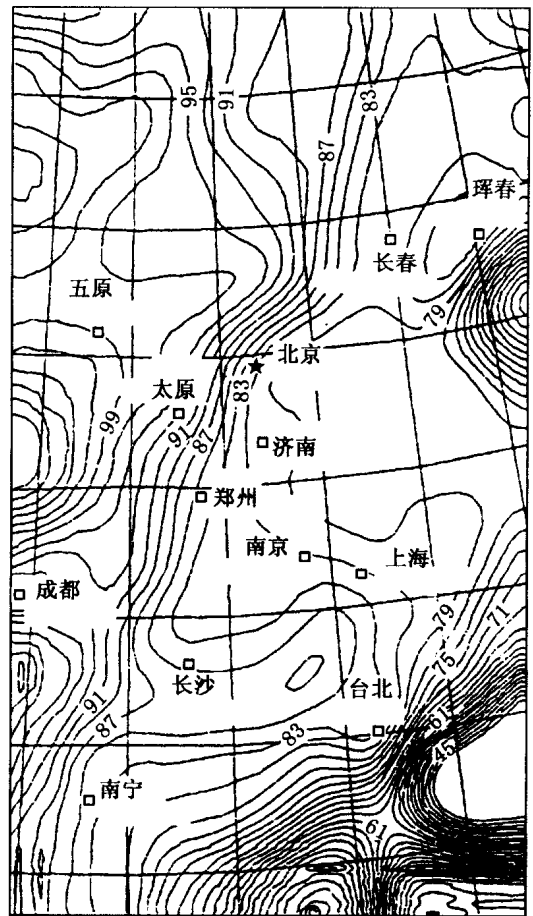


图 1-4 中国东部及邻域岩石圈底界面深度图（据方盛明）
（等值线单位：km）

南段与莆田—陆丰深断裂带吻合，本递变带亦与东南沿海重力异常高梯度带对应相关。

3) 台湾地壳厚度递变带

台湾地壳厚度递变带在台湾岛濒太平洋的东海岸及近海一带，长度与岛的长度相差不多，约 300km。地壳厚度由近海的 33km 至台湾山脉处迅速增至 37~38km。带宽仅为 20~40km，地壳厚度梯度值高。此递变带与台湾东部重力异常高梯度带相符合，且与属于滨太平洋断裂体系的台湾深断裂带、西太平洋新生代岛弧毕尼奥夫带相对应，是菲律宾板块与亚欧板块的接触带。

4) 南岭地壳厚度递变带

此带地壳厚度变化不是单斜递变而是薄—厚—薄对称型变化，递变带的边部以 38km 的地壳等厚线为界，向内部厚度增至 40~41km。带西端与中国东部地壳厚度递变带的桂北苗岭段相交汇，并以近东西走向往东延伸到闽赣交界后转为北东走向，沿武夷山系直到仙霞岭一带与东南沿海地壳厚度递变带相并行。全长为 1100km，宽约 200~300km，地壳厚度梯度较小。此带从地貌上与南岭、武夷山等山系相对应。在大地构造上，带区东部的东侧与丽水—海丰深断裂带的大部分相符，西侧与邵武断裂带相关。带区中段没有什么明显的东西走向的深断裂带存在（带区中段地壳厚度变化也甚为微弱）。

5) 长白山地壳厚度递变带

此带在地理位置上对应着东北辽宁、吉林东南部长白山地区（并延伸到朝鲜北部），以 37km 的地壳厚度等值线为带的边界，长宽约相等（400km 左右），因此带形不明显。地壳厚度在带内最高值为现今的 2km 左右。此带总体呈北东向分布，在大地构造上与抚顺—密山、宽甸—图们等深断裂带对应相关。

2. 中国东部滨太平洋带的地壳厚度缓变区

在中国东部地壳厚度递变带以东至滨海、近海，以及台湾岛、海南岛，为一大的地壳厚度相对平缓变化的地壳构造单元，包括了东北、华北、华东及华南的大部分地区，长约 4000km，宽 700~1000km，是亚洲东部滨太平洋地带的重要组成部分。区域平均重力值一般变化在 $(10 \sim 50) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，地壳厚度一般为 34~38km，部分地区为 40km 左右。从地壳厚度分布特征上看，其边缘及内部受到几条巨大的地壳厚度陡（递）变带的限制及切割，划分成几个次一级的地壳块区。这些块区同样也是地壳厚度相对平缓变化的构造单元——地壳厚度缓变区。其划分如下。

1) 中国东北地壳厚度缓变区

受东西两侧的大兴安岭段与长白山地壳厚度递变带的限制，此地壳厚度缓变区北起黑龙江省界、南至辽东港，总体上是呈北东向斜长型区域。地表对应着东北大平原、黑龙江东部三江平原。区域重力场平缓变化，重力值一般在 $(10 \sim 20) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 内变动。地壳厚度在三江平原是 35km 左右缓稳分布；在哈尔滨—富裕一线至小兴安岭南麓，地壳厚度平缓变化在 36km 左右；在辽河平原，地壳厚度变化平缓但相对更薄（在 33~34km 以内），是地幔相对隆起较高的地区。

2) 华北—华东地壳厚度缓变区

此地壳厚度缓变区在中国东部地壳厚度陡变带的太行山—熊耳山—栾川—宜昌段以东至近海。南北大体以北纬 30°和 40°为界，部分地区延至南岭地壳厚度递变带北缘。地表对应的是华北、长江中下游和江汉等平原。全区重力场平缓变化，一般在 $10 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 以内。地壳厚度变化平稳，一般都为 35~37km。部分地区，如华北北部沿海及渤海海域是重力高

值区，地壳较薄，约为 33~35km；在沂蒙、大别山区和黄山等山地重力低值区的地壳厚度稍高些，为 37km 左右。

3) 华南地壳厚度相对缓变区

此区以南岭地壳厚度递变带为北界，向南直至海南岛。地表是珠江及华南三江平原与丘陵地带。与区域重力场由北向南平缓递增特点相对应，此区地壳亦由北向南平缓减薄；在大陆上，厚度一般为 36~37km，海南岛为 33~35km，珠江口一带相对较薄，在 35km 以内。地壳构造走向总体上为近东西向。综合上述分析，可得到以下几点认识。

(1) 中国东部的地壳厚度自东向西总体呈由海域向内陆方向增厚的规律。地壳增厚呈为显著的北北东—北东向地球物理异常带，反映了中国东部晚中生代以来大地构造的基本格局。

(2) 布格重力异常在东北地区、华北地区的展布方向比较有规律，其主体为北北东向及近南北向。纵贯南北的大兴安岭—太行山—武陵山重力梯级带在穿过燕山和大别山时发生显著的扭曲现象。在南北向和北东向的水平一阶导数图上，重力梯级带在这两扭曲处均存在明显北西向及北西向的异常带。东南沿海重力梯级带、大兴安岭—太行山—武陵山重力梯级带和南北重力梯级带均为密集的线性条带，而依兰—伊通—郟城—庐江重力异常带则表现为正负标志区的接触带。在东北地区和华北地区，郟庐断裂带东侧的导数以负值为主，而西侧则以串珠状正值分布为特点。重力场的这些特征差异充分说明郟庐断裂带两侧具有不同的场源机制，反映了不同的构造单元重力场特征。但是这条重力异常带的上述两个方向重力导数在华南地区又表现为截然不同的另外一种情况，华南地区重力异常方向由北京，经天津和唐山之间伸入渤海。南边一条与秦岭—大别山系基本吻合，其空间分布与秦岭—大别山航磁正异常带相对应。正是这两条分界异常带把中国东部重磁异常分为东北、华北和华南三大特征各异的异常区。

(3) 布格重力异常的垂向一次导数在效果上更多地反映浅部的构造特征，以大兴安岭—太行山—武陵山为界可以分为东西截然不同的两部分，在此带以西导数异常基本为负值，而东边则以平缓的正值为主。重力异常呈阶梯状，有缓有陡，形成北东—北北东向展布的大陆地壳厚度缓变带及其两侧的地壳厚度陡变带，同时还存在 3 条北西向地壳厚度变化带，使北北东向地壳厚度陡变带发生扭曲。

(4) 中国东部地壳厚度缓变带大致以罗北—依兰—伊通—沈阳—营口—潍坊—郟城—庐江一线为界，其东侧地壳厚度在 28~35km 间变化，深部构造走向以北东向为主，兼有北东东向。区域构造以隆起为主，地形多为丘陵或中等山系。自北向南可分为张广才岭幔坳区、吉东—辽东幔坳区、皖南幔坳区、闽浙幔坳区、粤东幔隆区。它的西侧地壳厚度在 31~37km 之间变化，深部构造走向以北北东向为主，兼有北东向。地形上主要是平原区，部分为丘陵或山地，其中平原区包括松辽、华北等。自北向南可分为松辽幔隆区、下辽河幔隆区、辽西幔坳区、冀鲁豫幔隆区、桐柏—大别山幔坳区。

太行山地壳厚度陡变带北起大兴安岭，向南南西方向经太行山、武陵山，由广西进入越南境内。总体走向为北北东向，变化幅度为 7~8km，在石家庄和保定之间最大变化梯度为每千米落差 5~7km。该带对应纵贯中国南北长达 4000km 的大兴安岭—太行山—武陵山重力梯度带，其重力幅值为 $80 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，最大梯度为每千米变化 $1 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。

两条比较明显的北西向地壳厚度变化带自北向南大体位于渤海—张家口—呼和浩特一线和杭州湾—大别山—秦岭一线，它们与分布于相同地区的北西向重力异常带相对应。

第二节 中国东部新生代盆地基底构造

对于绝大多数类型的沉积盆地而言，其成盆作用是一种构造形变过程。在一定方式的构造应力场中，基底的物质构成、力学性质、构造格局决定着成盆初期对构造应力的应变响应方式，也影响成盆演化过程。本节从造山作用与成盆作用关系、基底构造与盖层构造的关系、中国东部不同盆地地区大地构造环境对比等方面，分析新生代含油气盆地的基底构造特征。

一、基底构成

中国东部北北东向构造可以划分为三个部分，基底构造也基本表现为三分性，东北、华北、华南中生代基底各由不同时代的地质体组成。

1. 东北地区主要盆地基底特征

1) 松辽盆地的基底特征

松辽盆地并不是建立于“海西运动”基底上的大型陆内盆地，而是在中侏罗世始形成的北东向构造—岩浆岩带基础上形成的。虽然盆地底部具有一些晚古生代晚期的沉积（可能为残余弧后盆地沉积，与内蒙古地区同时期的沉积环境一致）、浅变质岩和晚二叠世—三叠纪的花岗岩，但是中侏罗世—晚侏罗世的构造变形、火山—沉积岩系（部分含煤层系）改造了的构造—沉积岩层面貌。因此，在晚白垩世之前，形成了与辽西地区阜新等盆地一致的北东向构造线。

2) 二连、海拉尔盆地的盆地基底特征

从板块构造演化角度分析，内蒙古地区二连盆地、海拉尔盆地位于晚二叠世—早、中侏罗世板块最终碰撞、焊合的位置。晚二叠世—早、中三叠世，自碰撞带向南、北两侧发生韧性剪切作用，在二连—海拉尔区的韧性剪切滑脱面之上形成大规模的褶皱推覆构造，并形成广泛发育的岩浆侵入活动。早侏罗—中侏罗世之间，在二连盆地形成分别向北、南逆冲的大规模挤压构造作用。中侏罗—晚侏罗世形成北东向的“弧形”构造，晚侏罗—早白垩世形成一些堑、垒构造。

3) 三江盆地的盆地基底特征

三江盆地的基底演化与松辽盆地不同，其形成于同华北北缘结晶基底类似的构造单元之上。在中侏罗世开始形成的北东向构造带中后期的晚侏罗世火山岩和相应的断陷作用不强，从而表现为规模不大的小型断陷盆地和山间盆地类型。由于后期左行走滑断层的影响和东侧应力作用下的强烈抬升，使得盆地残留较少，总体表现为隆起特征。这种特点对后期盆地的形成和演化起着明显的控制作用。

4) 辽西地区盆地的基底特征

辽西地区盆地基底构造属于过渡壳性质，深部地球物理特征显示西拉木伦河南边的翁牛特旗一带为华北结晶基底的北界。中、晚侏罗世时北东向褶皱断层作用较强，区内于晚侏罗世时形成一些大小不同的煤盆地，既有短轴背、向斜，也有一些北东走向的断层。

2. 渤海湾、南华北地区盆地基底特征

渤海湾盆地区和南华北地区都位于古老的华北地块之上，结晶基底变质程度高，刚性强。中生代盆地形成期以晚侏罗世—白垩纪为主，以被中、晚侏罗世韧性剪切旋转变形改造了的