

# 中国及邻区重力特征与块体构造单元初划

张训华<sup>1,2</sup> 郭兴伟<sup>1,2</sup> 杨金玉<sup>1,2</sup> 温珍河<sup>1,2</sup> 侯方辉<sup>1,2</sup>

(1.国土资源部海洋油气资源与环境地质重点试验室, 山东 青岛 266071; 2.青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071)

**摘要:**以重力资料为基础, 结合其分析结果和区域地质构造现象, 以及前人研究成果, 在总结中国海陆地质地球物理系列图编制项目组和前人对中国岩石圈三维结构宏观特征研究成果基础上, 将块体构造理论应用于解释中国海陆宏观大地构造格架, 并将其划分为 3 个构造域和 20 多个块体。对 3 个构造域及块体构造单元特征进行了分析, 指出印支运动使中国岩石圈应力场发生了根本性变化, 并为现今宏观大地构造格局的形成创造了条件。

**关键词:**地球物理; 岩石圈; 块体; 构造单元; 结合带

**中图分类号:** P544; P312.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2010)04-0881-07

## 1 前言

构造单元是构造地质研究的基本单位, 而构造单元划分则是在构造理论指导下对地质构造的基本认识。前人根据地质地球物理与地球化学调查研究成果及不同构造理论, 对地球岩石圈进行了多种构造单元划分。板块构造理论是当今地球科学最成熟和最具有普遍性的学说, 据其可将全球大地构造划分为欧亚、太平洋、印度-澳大利亚、南美洲、北美洲、非洲和南极洲等七大板块, 以及如菲律宾海板块、加勒比板块、阿拉伯板块、索矛板块、科科斯板块和纳兹卡板块等若干小板块, 这些板块与其间的聚散边界构成了整个地球岩石圈。目前对这些板块的范围与划分、板块间的聚散边界以及板块和边界的组成与性质认识比较清楚, 也普遍被地质学家所接受。因此, 可以说板块构造学说已经比较成功地解释了地球岩石圈近 2~3 亿年以来上述板块级构造单元的构成、现状和动态变化。近年来地球科学界正在越来越多地尝试用板块构造的观点来探索远至更老地质时期地球岩石圈形成演化的过程与结果, 但始终没有大的进展, 板块构造理论所适用的地质历史时期和范围受到了挑战。

要研究板块构造理论在更长地质历史时期和更具体构造区域的应用, 就必须考虑地球岩石圈的组成、形成、发展和演化过程。地球岩石圈是由大小不一, 时代不同, 厚薄不均, 结构复杂, 既在演化又在运动的块体拼接结合而成的。而块体的形成、发育与发展经历了复杂的地质历史, 其稳定与活动性随大地构造位置和地质历史时期的不同而发生变化。本文根据中国海陆地质地球物理调查和研究成果及板块构造理论在中国海陆构造地质研究中的应用实践, 在总结分析前人对中国陆地块体构造单元划分的基础上, 从块体构造理论<sup>[1,2]</sup>出发提出了中国海陆大地构造以块体为主要构造单元的划分方案, 并作为编制中国海陆宏观大地构造格架图中构造单元划分的尝试。

## 2 研究区范围与大地构造研究基础

此次中国海陆 1:500 万地质地球物理系列图的编图范围包括整个中国陆地和海域(图 1)。在此区域内, 主要包括欧亚板块、菲律宾海板块和印度-澳大利亚板块。而中国海陆主要位于欧亚板块东部, 前人已做过很多研究工作, 也提出了不同的块体构造单元划分方案。

自 15 世纪出现到 20 世纪中叶, “块体” 一词应

收稿日期: 2010-05-31; 改回日期: 2010-06-16

基金项目: 中国海及邻域地质地球物理及地球化学系列图项目(GZH200900504)资助。

作者简介: 张训华, 男, 1961 年生, 研究员, 博士生导师, 从事海洋地球物理和大地构造方面的研究; E-mail: xunhuazh@vip.sina.com。

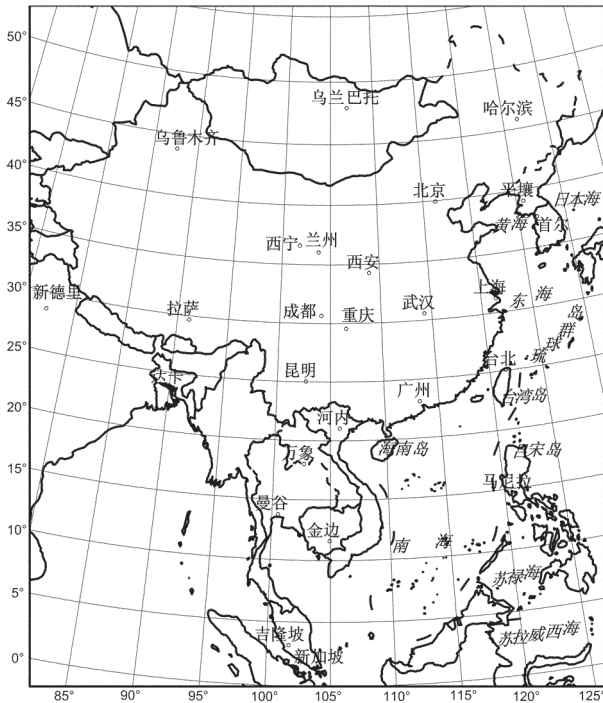


图1 系列图编图范围  
Fig.1 Cartographic area of map series

用于描述地表单元物质,并将崩塌、滑坡、泥石流和蠕动等岩体运动称之为“块体运动”。自20世纪中叶以来,国内外地震学家在解释地震成生机理和地质构造时也使用“块体”或“块体构造理论”。将“块体”一词赋予构造含义最早出现在20世纪80年代,在刘光鼎先生主编的“中国海区及邻域地质地球物理系列图”及其说明书<sup>[3]</sup>中,将“块体”作为其中一级构造单元,区别于板块、地块和地体。

刘光鼎<sup>[4]</sup>将中国海区及邻域划分为欧亚板块和菲律宾海板块2个一级构造单元;在此基础上又进一步分为东亚大陆区、东亚大陆边缘区和菲律宾海区3个二级构造单元。刘光鼎<sup>[5]</sup>将中国大陆构造宏观格架概括为“三横,两竖,两个三角”,并在此基础上又划分出了印度、冈底斯、羌塘、塔里木、华南等块体和柴达木—祁连、鄂尔多斯、松潘—甘孜、四川等构造单元。他指出“三横,两竖,两个三角”既是块体之间的结合带,具有褶皱造山带或深大断裂的活动性,又往往与岩浆、变质作用联系起来,从而表明这里有深部通道,可以为金属矿提供物质来源;在“三横,两竖,两个三角”结合带之间的块体上分布有沉积盆地,则是寻找油气资源的区域。

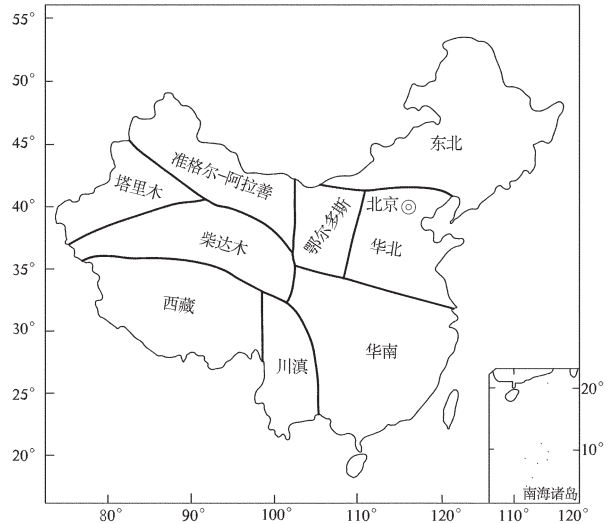


图2 中国大陆主要块体分布图<sup>[6]</sup>  
Fig.2 Distribution of main blocks in China's mainland<sup>[6]</sup>

石耀霖、朱守彪<sup>[6]</sup>利用中国大陆GPS观测资料,通过计算欧拉矢量并利用聚类分析方法由欧拉极划分块体,将中国大陆划分为准格尔—阿拉善、塔里木、柴达木、西藏、鄂尔多斯、川滇、东北、华北和华南9个块体(图2)。

李廷栋<sup>[7]</sup>根据地壳表层构造与深部构造相结合的原则提出了岩石圈构造单元划分应遵循的6条原则,并根据地质和地球化学,特别是地球物理场所显示的特征,以贺兰山—川滇南北构造带为界,初步把中国大陆及邻近海域划分为中亚岩石圈构造域和东亚岩石圈构造域2个一级岩石圈构造单元,并进一步划分出西域岩石圈块体、青藏岩石圈块体、松辽岩石圈块体、华北岩石圈块体、华南岩石圈块体和南海岩石圈块体6个二级构造单元(图3)。

笔者在刘光鼎研究成果基础上于2008年对中国海区及邻域进行了块体构造单元划分,初步划分出中朝、扬子—京畿、华南、印支4个稳定块体和日本海、东海、南海、加里曼丹4个活化块体<sup>[8]</sup>。

### 3 重力场特征及其解释

空间重力异常是岩石圈物质相对于旋转椭球体所产生的正常重力场的异常,也就是说,该异常是岩石圈物质在横向上分布差异的总体反映。重力异常的高低代表了岩石圈物质的盈亏,但岩石圈物质盈亏的方式与垂向上的分布往往存在多种形式。在研

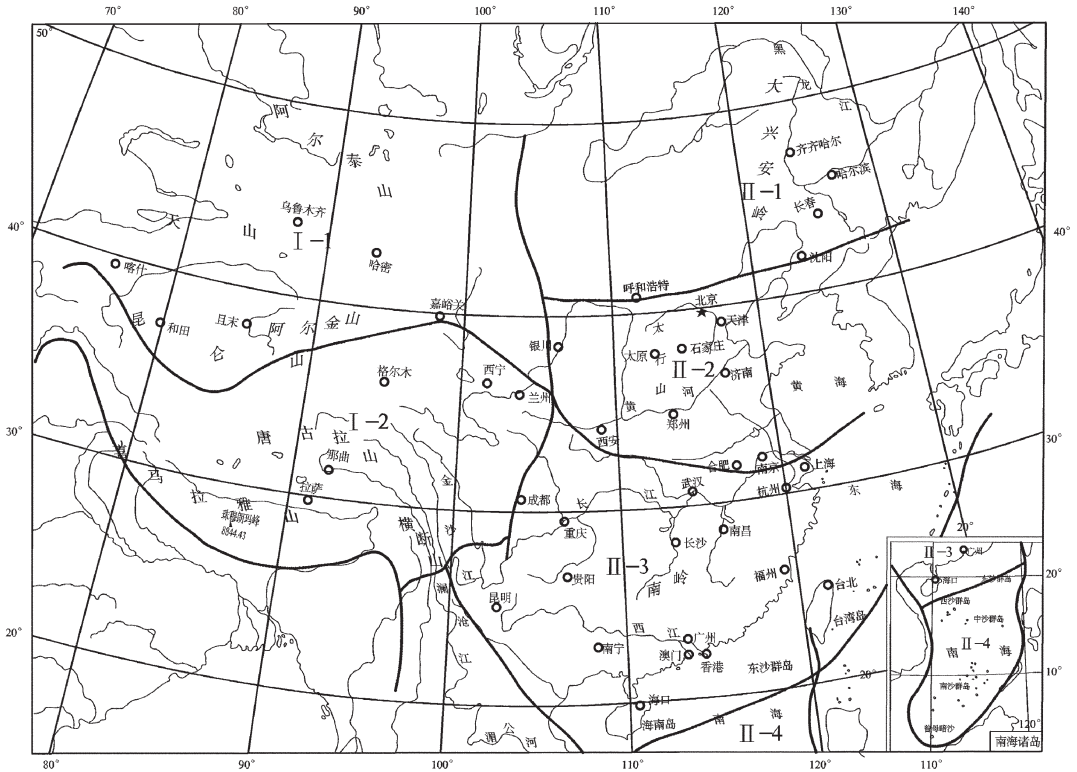


图 3 中国岩石圈构造单元划分<sup>1)</sup>  
 Fig.3 Lithospheric tectonic units of China<sup>1)</sup>

究区空间重力异常图上,可以清晰地看出欧亚板块、菲律宾海板块和印度—澳大利亚板块的界线,以及欧亚板块内岩石圈一些重大变化的信息。将编制的空间重力异常进行小波分析,选取四阶逼近和四阶细节分别作为岩石圈宏观区域重力场和宏观线性重力场,通过分析其特征来探讨块体及其结合带的展布情况。

在重力异常四阶逼近图(图 4)上,欧亚板块内重力高低异常主要反映了两个方面的内容。一是岩石圈横向上的分区;二是软流圈顶面和莫霍面的起伏。青藏地区的重力高异常反映了青藏高原整体抬升和大地水准面以上物质广布;图幅东侧沿东北东部、朝鲜半岛、冲绳海槽、吕宋岛、至加里曼丹等地区的重力高异常,则是地幔物质上涌,软流圈顶面和莫霍面抬升的共同影响。在其整体背景上,小尺度重力异常相对高低变化则是欧亚板块内部不同块体的反应。

在重力异常四阶细节图(图 5)上,以规模、方向、高低、规律不同的线性异常为主,应是板块与板块之间、块体与块体之间结合带的反映。一方面,欧

亚板块与印度—澳大利亚板块及欧亚板块与菲律宾海板块之间的界线在该图上清晰可见;另一方面,欧亚板块内部,东西向天山—阴山—燕山界线和南北向贺兰山—龙门山—雪峰山界线,以及界线两侧异常走向、异常幅值和展布规律的变化均清晰可辨。说明上述两条界线两侧岩石圈厚度、结构与物质展布存在差异。此外,仔细分析可以看出,条带状异常虽然在形态、幅值、展布、走向上类似,但其内部亦存在差异。部分条带状异常内部存在相对平缓的重力低或重力高区域异常,也有部分条带状异常内部异常变化剧烈,幅值起伏变化大,且杂乱。这种不同的内部异常特征,可能就是结合带内次一级块体与造山带不同的重力场特征。

#### 4 块体构造学之构造单元划分

自板块构造学说创建以来,地球岩石圈被成功的分成了欧亚、太平洋、印度—澳大利亚、南美洲、北美洲、非洲和南极洲等七大板块,以及如菲律宾海板块、加勒比板块、阿拉伯板块、索矛板块、科科斯板块

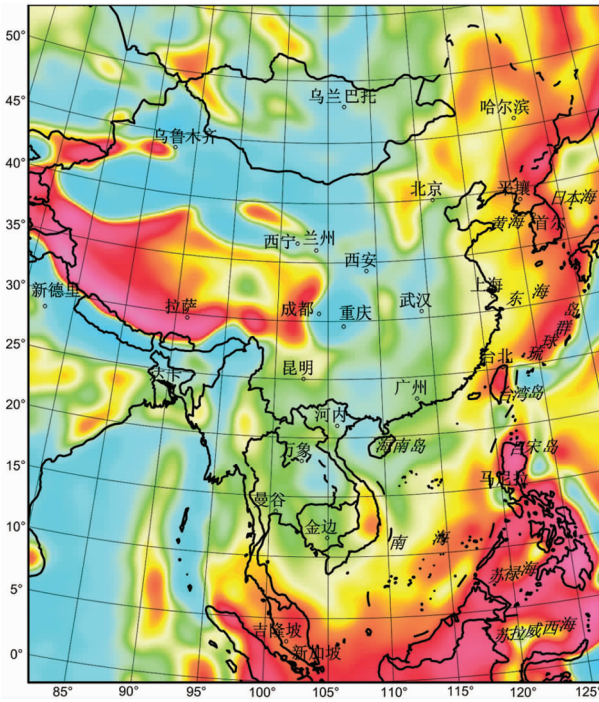


图4 中国及邻域空间重力四阶逼近图

Fig.4 4th order approximation of air free gravity in China and adjacent regions

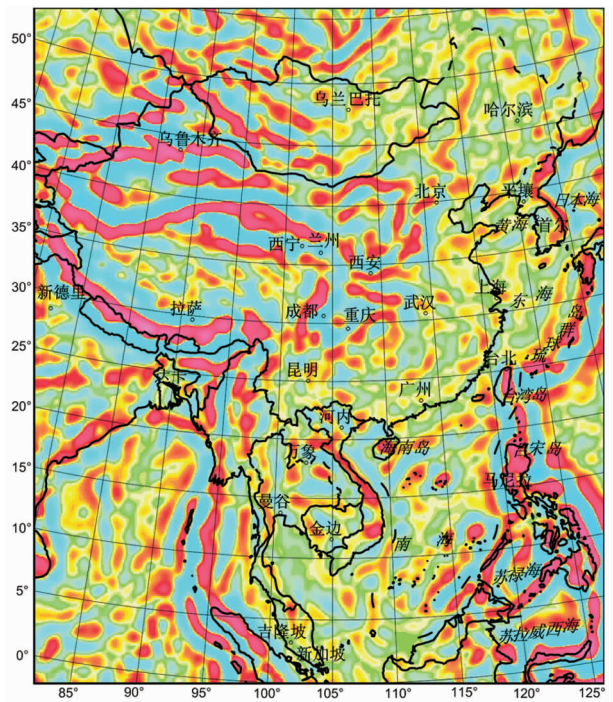


图5 中国及邻域空间重力四阶细节图

Fig.5 4th order details of air free gravity in China and adjacent regions

和纳兹卡板块等若干小板块, 这些板块与其间的聚散边界构成了整个地球岩石圈。在板块内部如何进一步划分构造单元, 过去不同的大地构造学派有不同划法, 各构造单元的名称也不尽相同。

如果说在全球岩石圈构造中, 相对稳定的一级构造单元为板块, 则相对活动的一级构造单元则为板块结合带。板块可分为以大洋岩石圈为主的大洋板块, 以大陆为主的大陆岩石圈板块和二者兼而有之的复合板块; 板块结合带可分为相对活跃的碰撞带(陆-陆碰撞带、弧-陆碰撞带、洋-陆碰撞带), 相对稳定的扩张带(大洋中脊带)和介于二者之间的转换断层带。大小形状各异, 厚度结构不同, 发展历史不一的板块和其间的板块结合带构成了地球岩石圈。

块体构造学是在以活动论为内涵的全球构造思想指导下对板块构造学说的发展, 是朱夏、刘光鼎地质思想的概括与总结。块体构造是建立在块体构造学说基础上的一种仅次于板块一级的岩石圈构造单元。在板块内部, 相对稳定的构造单元为块体; 而相对活跃的构造单元为块体之间的结合带; 大小形状各异, 厚度结构不同, 发展历史不一的块体与块体间的结合带构成了地球岩石圈不同的板块。

根据块体的稳定性和构成又可分为稳定块体、活化块体和联合块体; 同样, 根据结合带的活动性不同, 又可分为造山带、碰撞带和复合带。

### 5 中国及邻区块体大地构造单元初划

李廷栋<sup>[7]</sup>指出, 岩石圈构造单元的划分原则与传统地壳表层大地构造单元划分既有相似之处, 又有不同点。岩石圈构造单元划分, 需要地表地质与深部地质相结合, 地质与地球物理、地球化学特点相结合, 需要充分考虑岩石圈的地球物理场、构造应力场及地球化学场的特征。要遵循①具有地壳表层地质构造的雷同性; ②具有相似的岩石圈结构构造; ③具有统一的地球物理场特征; ④具有统一的构造应力场特征; ⑤具有相似的地球化学场特征; ⑥具有明显的构造界线等 6 条原则。刘光鼎在指出中国大地构造格架具有“三横, 两竖, 两个三角”和古生代末以来中国海陆宏观地势演化可归纳为“翘翘板”特点的同时, 也强调“区域约束局部, 深层制约浅层”。他们在注重岩石圈宏观格架特征的同时, 不仅强调区域地质与区域应力特征、地球物理与地球化学特征、地壳表层与岩石圈深部特征, 而且要关注深层对浅层

的制约及区域对局部的约束。因此,笔者在综合考虑基础上,结合块体构造学说的应用,借鉴重力场特征,笔者对中国及邻区大地构造单元进行了初划,并

重点对欧亚板块内块体进行了划分(图 6)。

图幅范围内包含 3 个一级构造单元,以中国为中心的欧亚板块占据大部分区域,西南面的印度-

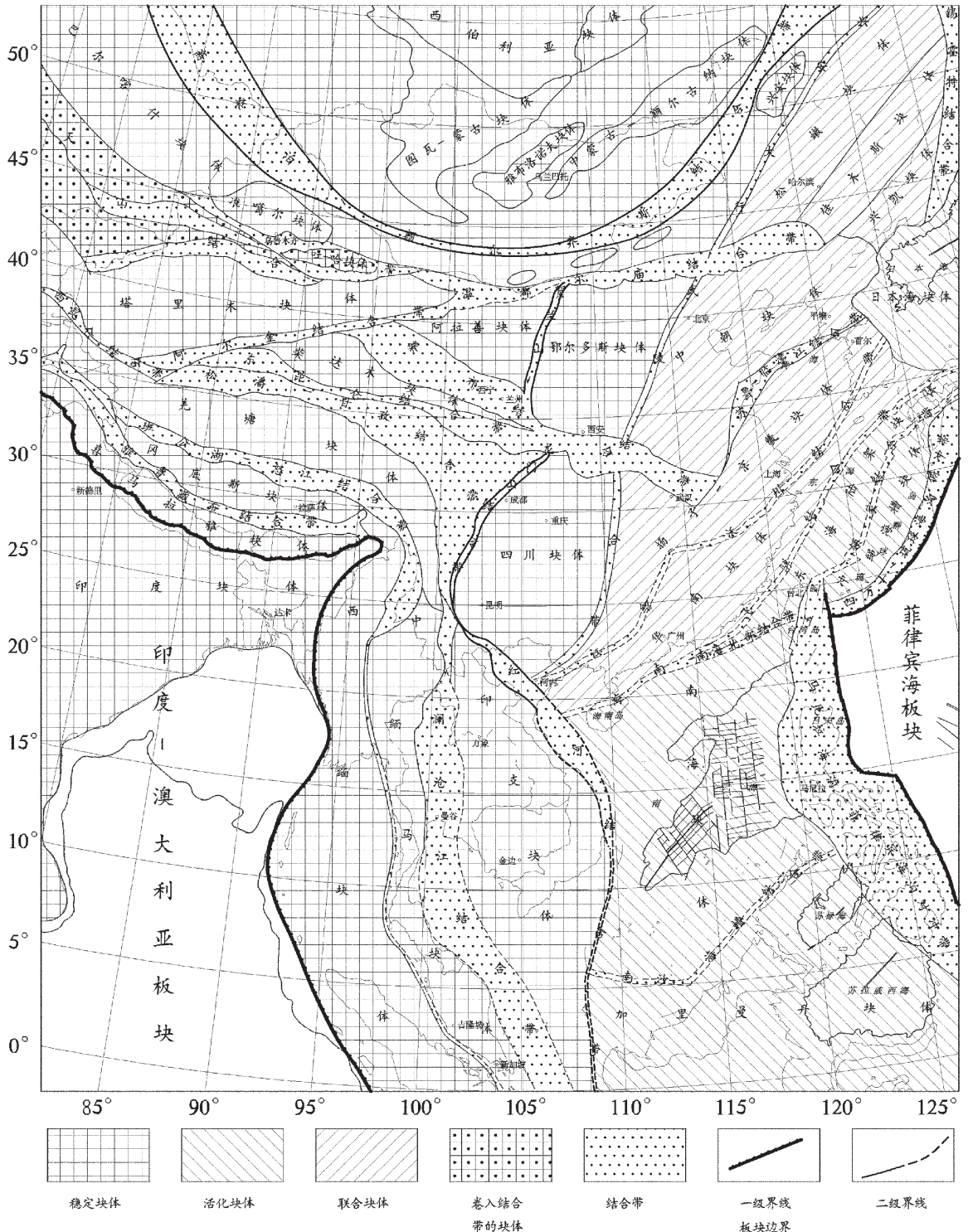


图 6 中国及邻区大地构造单元划分  
Fig.6 Tectonic units in China and adjacent regions

澳大利亚板块与欧亚板块通过陆-陆碰撞相接触;东南面的菲律宾海板块通过海沟及弧-陆碰撞与欧亚板块接触。在欧亚板块内,根据应力场特征不同可划分为3个构造域,并在此基础上根据重力场特征和其他地质、地球物理与地球化学特征进一步划分了20多个块体。下面对其中规模较大、有代表性块体的地质特征和地球物理特征进行阐述。

西伯利亚块体:位于编图范围的北部,是劳亚大陆上较大的稳定块体,其南部为隆起区,而中北部,除东偏北为隆起之外,其余均发育了较厚的古生代盖层,并有 $D_3-C_1$ 和P-T两期暗色岩建造。其南部为加里东期和海西期的增生边缘,在中泥盆世沿斋桑泊—额尔齐斯—额尔古纳结合带与南部华夏陆块群碰撞拼合。

塔里木块体:中国西部重要的稳定块体,该块体的基底形成很早,古太古代已出现陆核,震旦纪形成第一套稳定的统一盖层;中生代以来,因南、北缘造山,形成北缘及南缘的前陆盆地叠合,使塔里木块体的结构变化趋于复杂。

鄂尔多斯块体:其突出的特点是四周被新生代地槽所环绕,是一个轮廓清晰、非常稳定的块体。其稳定表现为:平缓变化的地壳厚度、岩石圈厚度与地温梯度,都说明其构造运动比较平静,它们从古生代—中生代沉积厚度不大,说明其沉积环境稳定;只有整体的升降和掀斜,它是中国稳定块体的典型代表。

南海块体:南海是在冈瓦纳大陆上裂离出来的,后经复杂的演化最终形成。根据钻探资料,西永1井揭示的约15亿年的花岗片麻岩是南海现在所见到的最老基底,渐新世以来,先后张裂形成了西南次海盆、中央次海盆和西北次海盆等边缘海,是典型的活化块体。

中朝块体:在温都尔庙结合带与秦岭结合带之间,有一个面积较大的古老块体;它的演化大致经历了成核期、过渡稳化期、盖层发育期、断陷期4个阶段,其前3个构造演化阶段与其他稳定块体相同,只是进入晚白垩纪以来,受太平洋板块向欧亚大陆俯冲的影响,大面积发育中生代断陷盆地,其活动性介于东海块体等活动块体和鄂尔多斯块体等稳定块体之间,是典型的联合块体。

## 6 结 论

在总结前人研究成果基础上,综合地质、地球物

理、地球化学和地球动力学特征,结合地表地质与深部地质的规律性表现,将中国及邻区的大地构造特征归纳如下。

(1)中国及邻区位于欧亚板块东南部,其东侧是菲律宾海板块,南及西南侧是印度—澳大利亚板块。目前的大地构造位置处于东西(或西南)两条锋线的夹持之下。因此,图幅范围内存在欧亚、菲律宾海、印度—澳大利亚三个板块级稳定的一级构造单元及它们之间的结合带。

(2)在欧亚板块内部,存在两条重要的结合带,分别是东西走向的斋桑泊—额尔齐斯—额尔古纳结合带和南北走向的贺兰山—龙门山—红河结合带。前者是西伯利亚与华夏的结合带,形成于晚古生代,古亚洲洋在此消失。在印支运动之前,该结合带以南的各个块体千里迢迢由南而来,不断拼贴、增生,逐渐形成中国古大陆,而其以南的应力场则始终是自南而北的压应力。虽然不同块体和其间的结合带形成时代与应力环境有所不同,存在同序时差,但总体趋势是一致的。后者是西部特提斯与东部太平洋两大构造域的结合带,形成于印支期。由于该结合带的形成,使得华夏古陆东西两侧的应力场发生根本性的变化。西侧一直保持古生代以来的应力场环境,自南而北的压性应力场直到今天没有发生变化;而东侧则由自南而北的压性应力场转变为以北北西或近南北向为主的张性应力场。

(3)自印支运动以来,贺兰山—龙门山—红河结合带以西主要表现为块体间的挤压,造山运动与地震活动不断;该结合带以东,则表现为块体间的张裂与块体的活化,自南而北形成班达海、苏拉威西海、苏禄海、南海、日本海等新生代海盆,冲绳海槽也正处于拉张裂陷形成海盆的过程中,这些海盆的形成具有同序时差的特点。

(4)在贺兰山—龙门山—红河结合带以西,以稳定块体与造山带为主要构造单元,而造山带又往往卷入块体而成为复合造山带为特色;在贺兰山—龙门山—红河结合带以东,以活化块体、联合块体及其间的结合带为主要构造单元,而活化块体大都在拉张应力作用下形成了新生代海盆,联合块体则以其间具有造山作用不明显或拉张、剪切作用力下形成的结合带为特色。

## 参考文献(Reference):

- [1] 张训华,孟祥君,韩波.块体与块体构造学说[J].海洋地质与第四

- 纪地质, 2009, 29(5):59-64.
- Zhang Xunhua, Meng Xiangjun, Hanbo. Block and block tectonics [J]. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 2009, 29 (5):59-64 (in Chinese with English abstract).
- [2] 张训华, 孟祥君, 韩波. 浅谈对块体构造学说的认识[C]//金翔龙, 秦蕴珊, 朱日祥, 等. 中国地质地球物理研究进展. 北京: 海洋出版社, 2008:741-746.
- Zhang Xunhua, Meng Xiangjun, Han Bo. Approach to Massif Tectonics [C]//Jin Xianglong, Qin Yunshan, Zhu Rixiang, et al. *Research and Development of Geology and Geophysics in China*. Beijing: Ocean Press, 2008:741-746(in Chinese).
- [3] 刘光鼎. 中国海区及邻域地质地球物理图集[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- Liu Guangding. *Serial Album of Geology & Geophysics in China Seas and Adjacent Regions* [M]. Beijing: Science Press, 1992 (in Chinese).
- [4] 刘光鼎. 中国海区及邻域地质地球物理特征[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- Liu Guangding. *Geology-Geophysics Features of China Seas and Adjacent Regions* [M]. Beijing: Science Press, 1992(in Chinese).
- [5] 刘光鼎. 中国大陆构造格架的动力学演化[J]. 地学前缘, 2007, 14 (3):39-46.
- Liu Guangding. Geodynamical evolution and tectonic framework of China [J]. *Earth Science Frontiers*, 2007, 14(3):39-46 (in Chinese with English abstract).
- [6] 石耀霖, 朱守彪. 利用 GPS 观测资料划分现今地壳活动块体的方法[J]. 大地测量与地球动力学, 2004, 24(2):1-5.
- Shi Yaolin, Zhu Shoubiao. Method for division of present active crustal blocks by GPS survey data [J]. *Journal of Geodesy and Geodynamic*, 2004, 24(2):1-5(in Chinese with English abstract).
- [7] 李廷栋. 中国岩石圈构造单元[J]. 中国地质, 2006, 33(4):700-710.
- Li Tingdong. Lithospheric tectonic units in China [J]. *Geology in China*, 2006, 33(4):700-710(in Chinese with English abstract).
- [8] 张训华, 等. 中国海域构造地质学[M]. 北京: 海洋出版社, 2008.
- Zhang Xunhua, et al. *Tectonic Geology in China Seas*[M]. Beijing: Ocean Press, 2008.

## Gravity characteristics and preliminary division of tectonic units in China and adjacent areas

ZHANG Xun-hua<sup>1,2</sup>, GUO Xing-wei<sup>1,2</sup>, YANG Jin-yu<sup>1,2</sup>, WEN Zhen-he<sup>1,2</sup>, HOU Fang-hui<sup>1,2</sup>

(1. *Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071, Shandong, China*; 2. *Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, Shandong, China*)

**Abstract:** Based on an analysis of gravity data and regional geological structure in combination with the achievements made by previous researchers, the authors summarized the 3D lithospheric tectonic macroscopic characteristics of China's land and seas detected by the geological-geophysical map compilation group and other researchers, and applied the Block Tectonics Theory to interpret the tectonic macroscopic framework of China's land and seas. On such a basis, the authors divided the study regions into three tectonic domains or more than 20 blocks, analyzed the characteristics of the three tectonic domains and block units, and indicated that Indosinian movement resulted in the fundamental change of the lithospheric stress field and created the conditions for the formation of present tectonic macroscopic framework.

**Key words:** geophysics; lithosphere; block; tectonic unit; Junction zone

**About the first author:** ZHANG Xun-hua, male, born in 1961, professor, supervisor of doctor candidates, engages in the study of marine geophysics and tectonics; E-mail: xunhuazh@vip.sina.com.