

王保军, 李杰, 侯方辉, 等. 东南亚海区及邻域地质地球物理编图新进展[J]. 海洋地质前沿, 2023, 39(1): 85-88.

WANG Baojun, LI Jie, HOU Fanghui, et al. Progress of geological-geophysical maps of Southeast Asia seas and adjacent areas[J]. Marine Geology Frontiers, 2023, 39(1): 85-88.

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2022.336

# 东南亚海区及邻域地质地球物理编图新进展

王保军<sup>1</sup>, 李杰<sup>1</sup>, 侯方辉<sup>1\*</sup>, 田振兴<sup>1</sup>, 王中波<sup>2</sup>, 张训华<sup>1</sup>, 胥颐<sup>3</sup>, 郝天珧<sup>3</sup>, 郭兴伟<sup>1</sup>, 温珍河<sup>1</sup>

(1 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266237; 2 汕头大学理学院, 汕头 515063;

3 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

## 0 引言

东南亚地区共有 11 个国家, 组成东南亚国家联盟(简称东盟)。除老挝外, 其他国家均为沿海或岛屿国家。东南亚地处欧亚板块、太平洋板块、印度-澳大利亚板块三大板块共同作用地区, 具有非常复杂的、类型众多的地质构造现象, 是认识地壳结构、板块运动的优良场所, 以其独特的地质环境、丰富的矿产资源和重要的战略位置而成为举世瞩目的地区。东南亚各国家海洋地质调查研究工作发展极不平衡, 有的还很薄弱, 专业的海洋地质研究机构更是不足, 海洋地质调查程度非常低, 缺乏全局性、系统性的基础地质背景资料。通过收集、整理中国南部至东南亚海区及邻域的地质地球物理资料, 系统开展东南亚海区及邻域地质地球物理场特征、地壳结构、海底沉积物类型、地质构造及其演化历史研究, 编制中国-东盟海区及邻域地质地球物理系列图件, 充分反映当前中国及东盟地区海洋基础地质地球物理调查研究现状, 为科学研究、防灾减灾、区域社会经济发展、海洋权益维护等方面提供基础地质资料, 服务于“一带一路”战略和国家南海周边外交, 具有重要的科学意义和现实意义。

## 1 研究区概况

研究区主体位于欧亚板块、太平洋板块和印度-

澳大利亚板块之间, 由许多小的块体组成, 其板块边界为碰撞和俯冲带; 研究区处于东特提斯构造域与西太平洋构造域的相交地带, 是冈瓦纳大陆裂解后北移并在古生代末和中生代与北部欧亚大陆碰撞嵌接形成的重要造山带。该区经历了多期的板块俯冲、碰撞, 地壳沉降和隆升, 其沉积演化历史十分复杂, 是全球海洋灾害影响最强烈的区域, 分布着众多重要城市和工业重镇, 地震、海啸灾害多发。

研究区范围包括中国南海、毗邻的东盟国家海区及邻近区域, 地理上东西方向从孟加拉湾至菲律宾海, 南北方向自中国南部至印度尼西亚爪哇岛, 地理坐标范围为 10°S—30°N、90°—140°E(图 1), 覆盖面积约 2 420 万 km<sup>2</sup>。

## 2 编图进展及成果

依托中国-东盟海洋地质研究与减灾防灾倡议项目, 编图人员“走出去、请进来”, 针对典型地质单元和界线, 在国内和东盟地区联合开展了 8 次野外地质考察, 获取了第一手野外地质资料; 收集、整理研究区内重力、磁力、天然地震、大地热流、地壳结构、海底表层沉积物、沉积岩石等地质、地球物理资料, 开展编图资料整理和海洋地质地球物理编图数据处理, 获得了统一标准下可有效比对和使用的地质、地球物理资料; 系统开展了中国-东盟海区及邻域重磁场、大地热流、地震震源机制、地壳结构、深大断裂、莫霍面深度、岩石圈深度以及海底表层沉积物分布特征等综合研究; 以“块体构造学说”为指导, 编研结合, 编制完成 1: 500 万中国-东盟海区及邻域空间重力异常图、磁力异常图、大地热流图、地球动力学图、地震层析成像图、海底表层沉积物类型分布图、地质构造图等共 7 种地质地

收稿日期: 2022-12-26

资助项目: 中国-东盟海上合作基金(121201005000151110)

作者简介: 王保军(1978—), 男, 正高级工程师, 主要从事海洋地质与编图信息化方面的研究工作。E-mail: 6469429@qq.com

\* 通讯作者: 侯方辉(1979—), 男, 正高级工程师, 主要从事大陆边缘构造与盆地分析方面的研究。E-mail: houfanghui3993@163.com

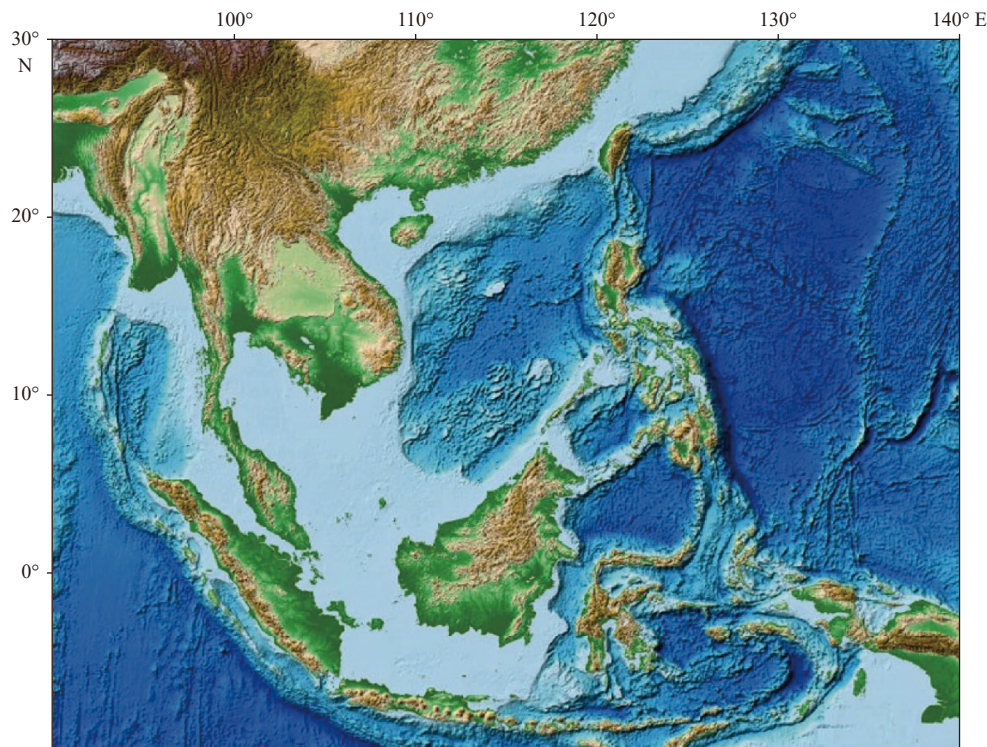


图1 研究区地理位置

Fig.1 Location of the study area

球物理图件(图2),提交出版社印刷出版共享。

在开展合作交流和综合研究过程中,项目取得了以下编图认识:

#### (1) 地球物理场特征分区

空间重力异常的变化和差异是地下不同异常体在埋藏深度、展布和范围等不同的反映。由陆区的低负空间异常向陆架区升高,海盆地区或者表现为低幅的正负异常变化,或者低-中高值正异常。醒目的正负重力异常条带是活动大陆边缘沟-弧-盆等构造单元在重力场中的反映,海沟在空间重力异常图上表现为低负异常带,异常走向与海沟走向对应,岛弧对应于高值异常圈闭。根据空间重力异常的变化范围、等值线及重力异常走向和重力梯级带的分布,将空间重力异常划分为中国青藏高原异常区(I)、中国东部异常区(II)、滨西太平洋沟弧盆异常区(III)、菲律宾海异常区(IV)、西太平洋异常区(V)、印支异常区(VI)、中南半岛异常区(VII)、帕劳异常区(VIII)和阿拉弗拉海异常区(IX)9个一级异常区。

利用海洋磁力调查最新数据和研究成果,对不同来源、不同时期的数据进行了拼接,创新性地用深度学习的方法对测量空白区进行了数据填充,绘制了适合全区的磁力异常图。磁力异常高值区主要分布在陆地和海岛,反映了火成岩的分布;海区

一般表现为平缓的低负异常圈闭,南海中央海盆区存在明显的磁异常条带。根据磁力异常的幅值高低、形态展布和区域变化等特征,结合区域地质构造特征,划分了中国青藏高原异常区(I)、中国东部异常区(II)、滨西太平洋沟弧盆异常区(III)、菲律宾海异常区(IV)、西太平洋异常区(V)、印支异常区(VI)和中南半岛-印尼群岛异常区(VII)7个一级磁力异常区。

#### (2) 海底表层沉积物类型分布特征

研究区跨越范围大,根据区域分布特征、调查程度和资料情况,采用沉积物成因和沉积物粒度分类相结合的方法进行沉积物类型分类,获得了中国-东盟海区及邻域的海底沉积物类型组合特征,归纳为陆源碎屑沉积物、生物源-陆源碎屑沉积物、深海沉积物、生物源沉积物和火山源沉积物5种类型,首次揭示了中国-东盟各海域不同成因沉积物的分布规律,影响沉积物分布的主要因素有物源、地形、水动力环境及构造活动等。南海及周边海域从陆架至陆坡到深海盆,沉积物分布呈现粒度组分由粗到细的变化,具有明显的陆源和生物源的“双物源”特征。陆架沉积物分布受水动力影响较大,而陆坡和深海盆沉积物分布受水动力影响较小。此外,构造运动如火山喷发、断裂等诱发海底地形、碳酸钙补偿深度发生改变,会引起海底沉积物发生侵蚀、

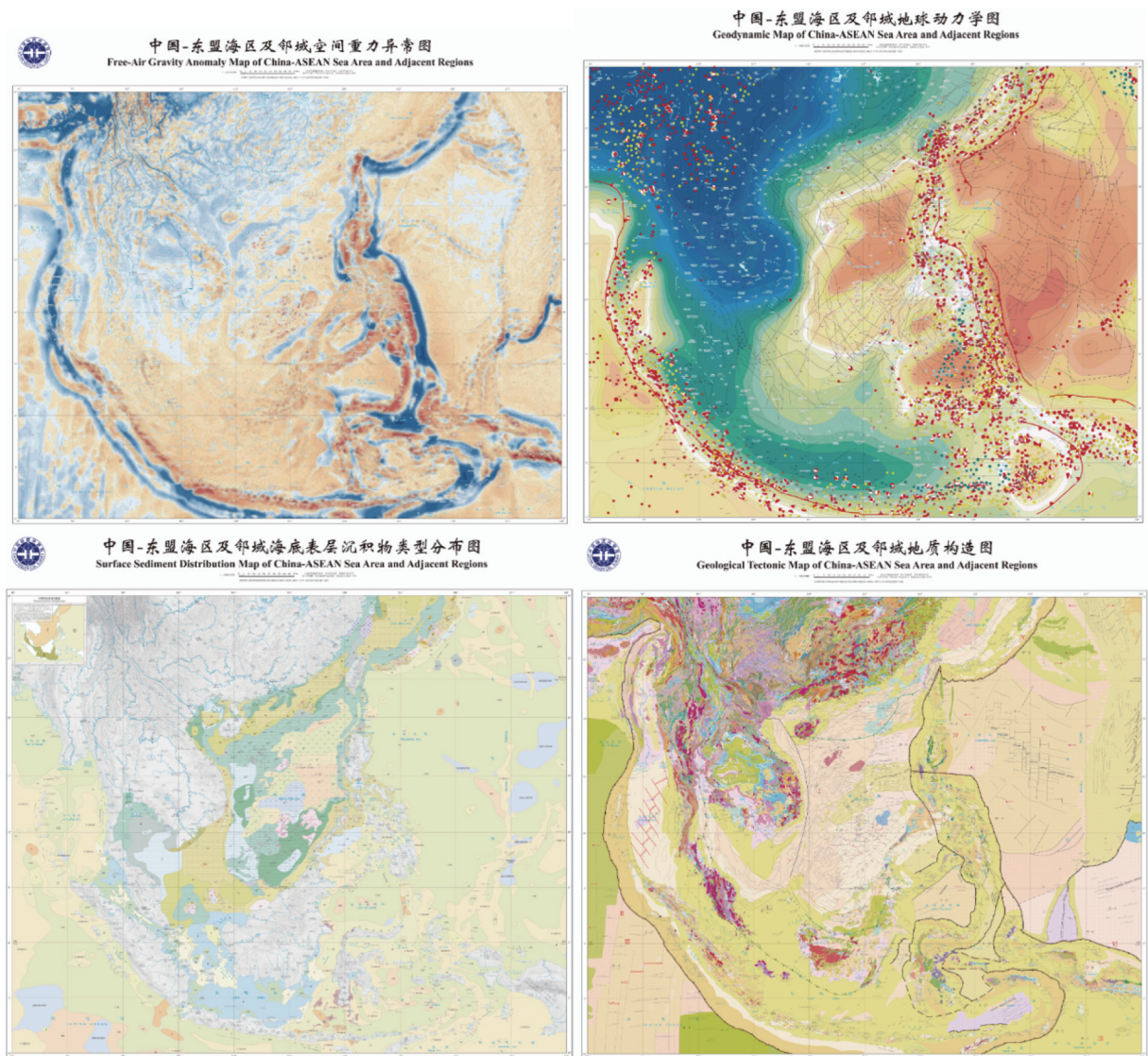


图 2 部分成果图件

Fig.2 Partial result maps

搬运和再沉积。

研究区可划分为 3 个沉积区: ①东亚大陆边缘海沉积区, 主要包括南海、东海南部及周边海域, 主要以陆源碎屑沉积物为主, 远洋沉积为辅; ②西太平洋大陆坡沉积区, 以陆源碎屑沉积物的重力沉积物为主, 同时有部分内源沉积物出现, 即生物源-陆源碎屑沉积物, 其主要分布区域为南海东南部, 包括马来西亚、印度尼西亚和菲律宾群岛周边海域; ③西太平洋和印度洋北部远洋沉积区, 以内源成因沉积为主, 组成是以钙质生物、硅质生物和深海黏土 3 个端元为主的远洋沉积物。

### (3) 地震层析成像速度特征与动力学分区

在 0~10 km 深度上, 南海、菲律宾海、印度洋、华南大陆至云贵高原 S 波平均速度偏高, 速度变化为 3.3~3.7 km/s; 低速区主要分布在东海陆架-台湾、

北部湾、印支半岛大部、印缅-苏门答腊、巽他群岛-加里曼丹群岛以及大洋洲的阿鲁群岛-塔宁巴尔群岛等地, 速度变化为 2.8~3.2 km/s。在 10~30 km 深度上, 菲律宾海、印度洋、南海 S 波平均速度偏高, 速度变化为 3.8~4.2 km/s; 低速区主要分布在琉球群岛-台湾-菲律宾岛弧带、瓦图贝拉群岛、巽他群岛-加里曼丹群岛、苏门答腊、印缅以及青藏高原东部和云贵高原, 速度变化为 3.2~3.6 km/s, 华南大陆以及印支半岛速度变化较为分散, 高速区和低速区相间分布。在 30~60 km 深度上, 菲律宾海、印度洋、南海北部及华南大陆 S 波平均速度偏高, 速度变化为 4.3~4.5 km/s; 低速区分布在琉球群岛-台湾-菲律宾岛弧带、巽他群岛及加里曼丹群岛、安达曼海及苏门答腊、印缅至青藏东部等地, 速度变化为 3.3~4.1 km/s, 其中青藏高原东部的低速特征

最为明显。在 60~100 km 深度上,高速区分布在菲律宾海、印度洋-苏门答腊、中国大陆及印度北部、印支半岛的老挝-泰国-柬埔寨及越南北部, S 波平均速度为 4.3~4.6 km/s; 低速区则分布在菲律宾海东部、南海、巴拉望岛、巽他群岛-加里曼丹群岛、南太平洋的图康伯西群岛-博内拉泰群岛等地, 速度变化为 3.9~4.1 km/s。总体上, 菲律宾海和印度洋的岩石圈平均速度偏高, 横向变化较为稳定, 具有海洋板块的特性。南海受中央海盆扩张的影响, 地幔上涌和软流圈抬升造成岩石圈减薄, 北部陆架则向中央海盆方向延伸。沿着第一岛链, 地壳和上地幔的低速带清晰展示了菲律宾海板块俯冲及地幔热扰动对琉球-台湾-菲律宾岛弧岩石圈结构的影响。第二岛链附近偏低的速度则与太平洋板块向东俯冲引起的地幔热流密切相关。同样, 沿着苏门答腊至印尼群岛也出现一条规模巨大的岩石圈低速带, 反映了印度-澳大利亚板块和太平洋板块俯冲带深部构造的基本特征。华南大陆和印支半岛的中-下地壳结构复杂, 横向变化较大, 印支半岛具备与华南地区类似的岩石圈结构。青藏高原东部(云贵高原)及印缅块体受地壳增厚和韧性流动的影响速度偏低, 而岩石圈地幔则显示出刚性高速特征。编图区域内岩石圈厚度变化明显, 与太平洋板块、欧亚大陆以及印度-澳大利亚板块的相互作用密切相关, 反映了不同时期地质构造变动和深部动力作用对中国-东盟地区岩石圈结构的影响。

以块体构造为基础, 以地球物理场特征作为细分原则, 结合各地球动力学要素特征, 将研究区划分为 7 个动力学分区: 华南大陆区和中南半岛大陆区, 以及南海区、菲律宾海区、西太平洋海区、苏拉威西海区和印度洋海区。

#### (4) 大地构造单元划分

根据“块体构造学说”指导思想<sup>[1-2]</sup>, 在板块内部, 相对稳定的构造单元为块体, 块体之间为结合带或大型走滑转换边界。依据上述构造单元划分思路, 本次编图划分出一级构造单元板块和板块边界 5 个, 二级构造单元 45 个。其中板块有欧亚板

块、印度-澳大利亚板块和太平洋板块 3 个, 板块边界均为汇聚型板块边界。汇聚型板块边界有俯冲带、结合带、弧陆碰撞带 3 种类型。欧亚板块和太平洋板块之间的板块边界从北到南有琉球海沟俯冲带、台湾弧陆碰撞带、马尼拉海沟俯冲带、菲律宾海沟俯冲带; 欧亚板块和印度-澳大利亚板块之间的板块边界以东经 90 度海岭为界, 以西为喜马拉雅结合带和若开结合带, 以东为安达曼-尼科巴-苏门答腊-爪哇海沟俯冲带; 太平洋板块和印度-澳大利亚板块的边界为新几内亚海沟俯冲带。板块内部划分出块体和结合带(或可作为块体边界的大型断裂)。

### 3 结论

(1) 以“块体构造学说”为指导思想, 将编图区划分出 9 个空间重力异常区、7 个磁力异常区、7 个地球动力学分区; 并划分出一级构造单元板块和板块边界 5 个, 二级构造单元 45 个。

(2) 系统总结了我国-东盟海区及邻域的海底沉积物类型及分布特征, 归纳为陆源碎屑沉积物、生物源-陆源碎屑沉积物、深海沉积物、生物源沉积物和火山源沉积物等 5 种沉积物类型, 划分出东亚大陆边缘海沉积区、西太平洋大陆坡沉积区、西太平洋-印度洋北部远洋沉积区等 3 个沉积区。

(3) 完成的空间重力异常图、磁力异常图、海底表层沉积物类型图、地质构造图、地球动力学图、大地热流图和地震层析成像图等 7 种地学系列图件, 填补了东南亚地区海洋地学系列图件的空白, 是研究区内图种最多、资料最新的系列图成果。图件公开出版共享, 可为该地区海洋开发利用、科学研究和防震减灾等提供基础数据和理论支撑。

#### 参考文献:

- [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.
- [2] 张训华, 郭兴伟. 块体构造学说的大地构造体系[J]. 地球物理学报, 2014, 57(12): 3861-3868.