

doi: 10.12029/gc20180501

刘书生, 杨永飞, 郭林楠, 聂飞, 彭智敏, 潘桂堂. 2018. 东南亚大地构造特征与成矿作用[J]. 中国地质, 45(5): 863-889.

Liu Shusheng, Yang Yongfei, Guo Linnan, Nie Fei, Peng Zhiming, Pan Guitang. 2018. Tectonic characteristics and metallogeny in Southeast Asia[J]. Geology in China, 45(5): 863-889(in Chinese with English abstract).

## 东南亚大地构造特征与成矿作用

刘书生<sup>1,2</sup> 杨永飞<sup>2</sup> 郭林楠<sup>2</sup> 聂飞<sup>2</sup> 彭智敏<sup>2</sup> 潘桂堂<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059; 2. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081)

**摘要:** 东南亚地区位于全球特提斯成矿域、环太平洋成矿域与印度—澳大利亚成矿域的交汇地带。构造演化独特, 先后经历了原—古—中—新特提斯增生造山、印度—欧亚陆陆碰撞造山、太平洋俯冲等多期次构造—岩浆事件, 形成了多条火山弧带、蛇绿混杂带以及同碰撞和后碰撞岩浆岩带。本文在总结前人大地构造研究成果基础上, 将东南亚地区划分为 6 个一级构造单元、32 个二级构造单元和 57 个三级构造单元。伴随着原—古—中—新特提斯构造演化、印度—欧亚大陆碰撞、太平洋俯冲等多期次构造域事件, 以构造单元划分为基础, 将东南亚地区划分为 3 个一级成矿域, 6 个二级成矿省, 21 个三级成矿带, 并结合构造演化初步探讨了主要成矿事件。

**关键词:** 东南亚; 构造单元划分; 成矿带划分; 成矿作用; 特提斯演化

中图分类号: P548; P611 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2018)05-0863-27

## Tectonic characteristics and metallogeny in Southeast Asia

LIU Shusheng<sup>1,2</sup>, YANG Yongfei<sup>2</sup>, GUO Linnan<sup>2</sup>, NIE Fei<sup>2</sup>, PENG Zhiming<sup>2</sup>, PAN Guitang<sup>2</sup>

(1. College of Earth Sciences, Chengdu University Of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** Southeast Asia is located at the intersection of the Tethys, the circum-Pacific and the India-Australia metallogenic domain. The tectonic evolution is unique in that it has experienced multi-stage tectonic-magmatic events including the Proto-, Paleo-, Meso-, and Neo-Tethys accreting orogenesis, collisional orogenesis between the Indian Plate and Eurasian Plate, and the Pacific plate subduction. These activities have developed many volcanic arcs, ophiolite belts, and post-collision magmatic belts in Southeast Asia. Based on the previous tectonic researches, this paper divides Southeast Asia into 6 first-order, 32 second-order and 57 third-order tectonic units. Along with the multi-stage tectonic events including evolution of the Proto-, Paleo-, Meso-, and Neo-Tethys, the Indian-Eurasian collision, and the Pacific subduction and on the basis of the tectonic-unit division, this paper divides the Southeast Asian region into 3 first-level metallogenic domains, 6 second-level metallogenic provinces, and 21 third-level metallogenic belts. The main metallogenic events are discussed in combination with tectonic evolution.

收稿日期: 2018-09-03; 改回日期: 2018-09-28

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“老挝、柬埔寨及邻区矿产资源潜力评价”(DD20160107)与国家自然科学基金青年基金项目“南澜沧江弧火山岩带文玉铜多金属矿床成矿作用研究”(41702087)联合资助。

作者简介: 刘书生, 男, 1977 年生, 高级工程师, 从事东南亚、南亚地区矿产资源潜力评价工作; E-mail: cdshusheng@qq.com。

通讯作者: 杨永飞, 男, 1984 年生, 博士, 从事东南亚构造与成矿作用研究; E-mail: yyf6811@163.com。

**Key words:** Southeast Asia; Tectonic unit division; metallogenic belt division; metallogeny; Tethyan evolution

**About the first author:** LIU Shusheng, male, born in 1977, senior engineer, majors in evaluation of mineral resources potential in Southeast Asia and South Asia; E-mail: cdlshusheng@qq.com.

**About the corresponding author:** YANG Yongfei, male, born in 1984, doctor, majors in tectonics and metallogenesis in Southeast Asia; E-mail: yyf6811@163.com.

**Found support:** Supported by China Geological Survey Program (No. DD20160107) and National Natural Science Foundation of China (No. 41702087).

## 1 引言

东南亚在地理位置上与中国西南地区相连,大地构造位置处于欧亚板块、印度板块、太平洋板块三大板块的汇聚区,是特提斯构造域重要组成部分,也是中国西南三江特提斯构造域和华南加里东造山带的向南或南西的延伸(李兴振,2004;刘俊来等,2006,2011;Wang et al. 2009;Deng and Wang, 2016)。该地区是现今地壳运动最活跃的地区之一,经历了晚古生代—中生代特提斯构造演化和新生代大陆碰撞造山的叠加(冯庆来等,2008;卢映祥等,2009;陈永清等,2010),形成了多期次、多方向的沟—弧—盆体系的构造格局。同时,伴随着复杂的构造演化也赋予了东南亚地区丰富的矿产资源,石油、天然气、锡、铜、金、镍、铝土矿、钾盐等能源资源在世界上占有重要优势地位(陈永清等,2009;王安建等,2009;Deng et al., 2014a),也是中国境外矿业投资的重点地区之一。然而,目前东南亚地区地质矿产勘查工作程度总体较低,对整个东南亚的地质研究主要集中于大地构造演化(Hall, 1997, 1998, 2002; Hall and Spakman, 2015)和单个典型矿床的研究(Kamvong and Zaw, 2009; Salam et al., 2014; Makoundi et al., 2014; Manaka et al., 2014),缺乏大地构造演化与成矿作用耦合关系的系统总结。本文在近年来对东南亚地区地质背景及成矿规律研究的基础上,以多岛弧盆系构造时空结构组成和存在状态、成矿特征和专属性为划分原则(潘桂棠等, 2009;Deng et al., 2017),对东南亚地区构造单元和成矿带进行了划分,并据此划分成矿省和成矿带。同时结合构造演化初步探讨了主要成矿过程,以期对东南亚地区的区域构造与成矿规律有初步认识。

## 2 大地构造格架

东南亚地区是全球古今板块强烈活动地带,大

洋岩石圈的俯冲、碰撞,大陆岩石圈的拉伸裂离及缝合期后的大型走滑错位,造成了构造形迹十分复杂的大地构造格局,具有多岛洋的结构特征(Hall et al., 2008; Hall, 2011a,b, 2016; Advokaat et al., 2017)。自古生代起,相继从冈瓦纳大陆北西边缘裂解分离出东羌塘(昌都)—思茅—印支板块,西羌塘—滇缅马地块和拉萨—西缅地块,并伴随着古特提斯洋闭合,中特提斯洋和新特提斯洋的打开与闭合。随着洋壳的俯冲、弧陆碰撞和陆陆碰撞,这些地块于中生代逐渐增生于欧亚大陆的南缘,形成了多条火山弧带、蛇绿混杂带以及同碰撞和后碰撞岩浆岩带。其中,昌宁—孟连—清迈—劳勿—文冬对接带代表了印支期关闭的原—古特提斯主洋盆,作为一级构造分界线,区分出了东北部的泛华夏地块群和西南部的印度—滇缅马地块群(Deng et al., 2014b, 2017)。除了主洋盆的对接带外,东南亚地区还存在其他多条结合带,如金沙江—哀牢山—马江结合带代表了古特提斯支洋盆(Deng et al., 2015a, b);中特提斯洋的闭合形成了怒江—掸邦结合带(即后文中的Ⅱ—3 葡萄—密支那—道茂结合带);新特提斯洋的闭合形成了印度—雅鲁藏布结合带。本研究根据多岛弧盆系构造体系划分原则(潘桂棠等,2009),将东南亚划分地区为6个一级构造单元、32个二级构造单元和57个三级构造单元(图1,表1)。自东向西6个一级构造单元分别为:Ⅰ 印度—澳大利亚板块、Ⅱ 缅甸—西马来造山系、Ⅲ 昌宁—孟连—清迈—劳勿—文冬对接带、Ⅳ 横断山—印支造山系、Ⅴ 印马菲多岛弧盆系和Ⅵ 菲律宾滨海板块。

## 3 构造单元特征

### 3.1 Ⅰ 印度—澳大利亚板块

印度—澳大利亚板块,又名印度洋板块,位于雅鲁藏布江以南和印缅山脉结合带以西,印度洋中

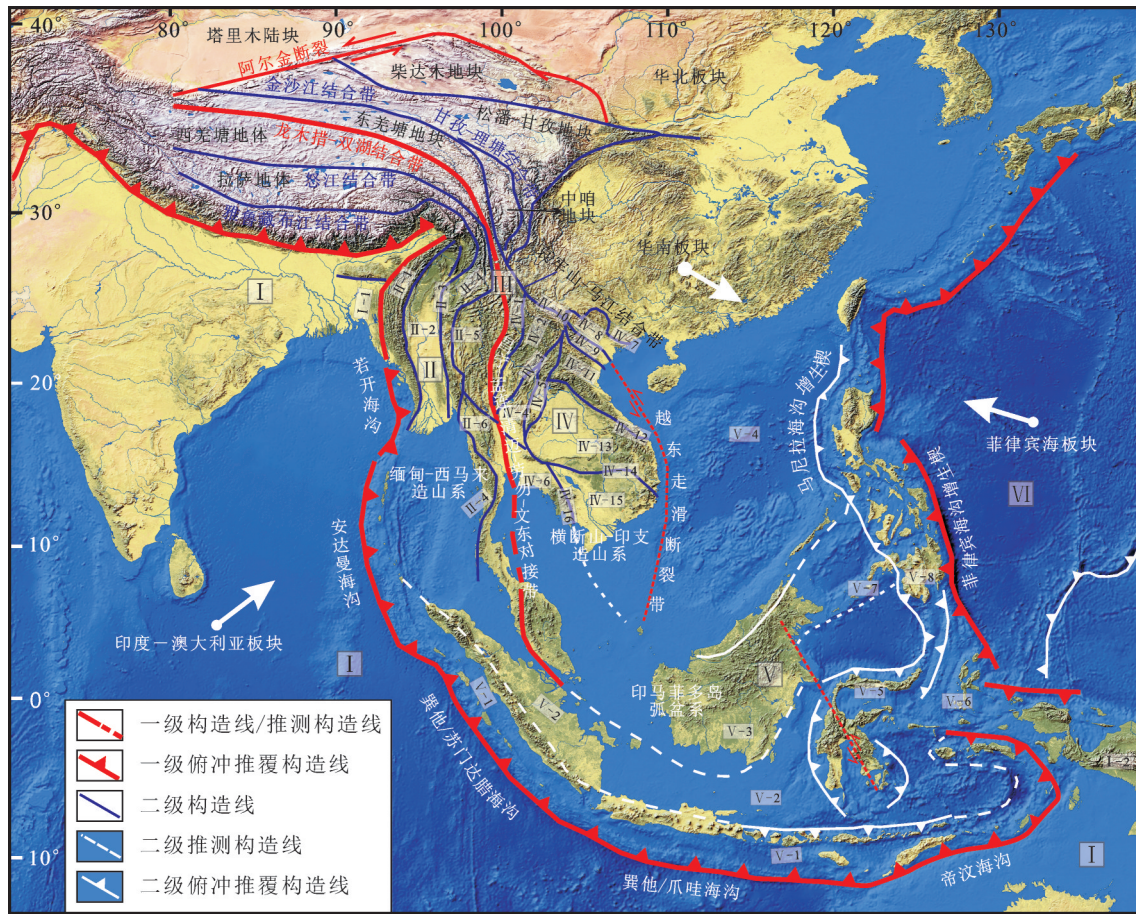


图1 东南亚大地构造单元划分图(图中罗马数字为构造单元编号,详见正文)

Fig.1 Tectonic units of Southeast Asia (The Roman numeral in the figure is the number of tectonic unit. See the text for details)

脊(中印度洋海岭和东南印度洋海丘)以北的印度和澳大利亚大陆及其间的印度洋部分。其西段北缘喜马拉雅至印缅山脉一带,由于阿尔卑斯—喜马拉雅带特提斯洋的闭合已与欧亚大陆碰撞拼贴在一起。但东段北缘从安达曼群岛到苏门答腊、爪哇、东帝汶一带,印澳板块还在继续向北或北东俯冲(图1),在其北缘形成苏门答腊—巽他—爪哇—帝汶海沟。该海沟北西段为安达曼海沟,向北接阿萨姆—若开前渊带。本研究所涉及的仅是阿萨姆—若开前陆盆地和新几内亚陆块。

3.1.1 I-1 阿萨姆—若开(Arakan)前陆盆地

阿萨姆—若开前陆盆地位于缅甸与印度东北部和孟加拉国交接地带,即西隆(Shillong)地块的东部,东邻印缅山脉结合带(图1)。其北段为阿萨姆海槽,南段为若开海岸带,与印度—澳大利亚板块向北和北东俯冲有关,是新特提斯洋盆闭合后新生代前渊。其向东南与安达曼—印度尼西亚海沟相

连。本研究仅涉及南部的若开前陆拗陷带。

该带在白垩纪属于被动陆缘相,古近—新近纪属前渊盆地亚相。带内主要发育中新世砂岩、粉砂岩,局部发育新近纪粉砂岩、粉砂质泥岩,偶夹褐煤,以及灰岩、白云岩,最大厚度超过4000 m。南部若开海岸地区及其近岸海域构造变形强烈,带内东侧为由古近纪浊积砂砾岩,夹砂质岩组成的近南北向的前陆褶冲带,印度—澳大利亚板块持续不断地向东俯冲作用下而形成的褶皱冲断带(蔡文杰等, 2012; Hall, 2012; 王芝尧等, 2017)。

3.1.2 I-2 新几内亚陆块

新几内亚陆块位于新几内亚岛中部,北接吕宋—北新几内亚岛弧带,以索龙断裂为界(图1)。新几内亚陆块基底为二叠纪—中三叠世的花岗岩和发生变形的低级变质岩。陆块内火山活动强烈,形成两期火山弧,分别活动于白垩纪—早中新世和中、晚中新世—更新世(Hall and Wilson, 2000)。白

表1 东南亚地区大地构造分区表  
Table 1 Tectonic units of Southeast Asia

一级构造单元	二级构造单元	三级构造单元
I 印度—澳大利亚板块	I-1 阿萨姆—那加前陆盆地	I-1-1 若开前陆拗陷带
	I-2 新几内亚陆块	
II 缅甸—西马来造山系	II-1 萨马蒂亚结合带	
	II-2 西缅地块	II-2-1 西部弧前盆地 II-2-2 中央高地火山弧 (K-N) II-2-3 东部弧后盆地
	II-3 葡萄—密支那—道茂结合带	II-3-1 葡萄—密支那蛇绿混杂带 II-3-2 甘高—枯门岭移置地壳 II-3-3 道茂蛇绿混杂带
	II-4 高黎贡—比劳山弧盆系	II-4-1 高黎贡山岩浆弧 II-4-2 比劳山 (德林达伊) 岩浆弧
	II-5 保山—那邦地块	II-5-1 六库—格劳前陆拗陷带 II-5-2 保山—东枝陆架碳酸盐台地 II-5-3 耿马—素攀武里被动边缘带
	II-6 他念他翁—西马来地块	
	III 昌宁—孟连—清迈—劳勿—文冬对接带	
IV 横断山-印支造山系	IV-1 临沧—清莱弧盆系	IV-1-1 临沧—坤丹岩浆弧 IV-1-2 南澜沧江—清莱蛇绿混杂带
	IV-2 思茅—彭世洛地块	IV-2-1 景洪—南邦陆缘火山弧 IV-2-2 思茅—彭世洛弧后前陆盆地 IV-2-3 绿春—琅南塔陆缘火山弧
	IV-3 琅勃拉邦—难府—程逸结合带	
	IV-4 那空泰—碧差汶地块	
	IV-5 黎府弧盆系	IV-5-1 黎府蛇绿混杂岩带 IV-5-2 班萨盖火山弧带
	IV-6 泰国湾—东马来弧盆系	IV-6-1 庄他武里蛇绿混杂岩带 IV-6-2 豆蔻山火山弧 IV-6-3 泰国湾弧间裂陷盆地 IV-6-4 塔汉山岩浆弧
	IV-7 八布—斋江—香巴岛结合带	
	IV-8 金平—和平—越北地块	IV-8-1 越北移置地壳 IV-8-2 金平—和平被动边缘盆地
	IV-9 莱州—黑河弧盆系	IV-9-1 黑河蛇绿混杂岩带 IV-9-1 莱州—清化火山弧
	IV-10 哀牢山—马江结合带	
	IV-11 长山地块	IV-11-1 桑怒火山岩浆弧 (P <sub>3</sub> -T <sub>1</sub> )、 (福华特火山弧) (O <sub>3</sub> S) IV-11-2 大江弧后前陆盆地 IV-11-3 甘蒙—顺化火山弧 (O-S)
	IV-12 色潘—岷港结合带	
	IV-13 万象—昆嵩地块	IV-13-1 呵叻压拗陷盆地 (T <sub>3</sub> -K)
	IV-14 斯雷博斯河结合带	
	IV-15 大叻地块	
	IV-16 菩萨—贡布—南游结合带	
V 印马菲多岛弧盆系	V-1 印度尼西亚前锋弧	VI-1-1 安达曼—尼科巴岛弧 VI-1-2 苏门达腊—爪哇岛弧 VI-1-3 巴厘岛—松巴岛增生弧 VI-1-4 弗洛勒斯—班达洋内弧
	V-2 马六甲—爪哇海—班达海弧后盆地群	VI-2-1 安达曼弧后洋盆 VI-2-2 马六甲弧后盆地 VI-2-3 爪哇海弧后盆地 VI-2-4 班达海弧后洋盆
	V-3 加里曼丹地块	VI-3-1 美拉哇斯增生杂岩带 VI-3-2 巽他岩浆弧 VI-3-3 西布—美拉牙增生杂岩带 VI-3-4 米里—文莱陆缘盆地
	V-4 南海弧后洋盆	VI-4-1 西沙—中沙陆缘盆地 VI-4-2 中央海盆 VI-4-3 南沙陆缘盆地
	V-5 苏拉威西弧盆系	VI-5-1 苏拉威西岛弧 VI-5-2 苏拉威西弧后洋盆
	V-6 桑义赫—马鲁古弧盆系	VI-6-1 桑义赫岛弧 VI-6-2 马鲁古海弧弧碰撞带 VI-6-3 哈马黑拉洋内弧
	V-7 苏禄—巴拉望弧盆系	VI-7-1 苏禄岛弧 VI-7-2 苏禄海弧后洋盆 VI-7-3 巴拉望增生弧
	V-8 吕宋—民都洛弧盆系	VI-9-1 吕宋增生弧 VI-9-2 民都洛—宿务增生弧 VI-9-3 棉兰老岛弧
VI 菲律宾海板块		

巫纪一早中新世火山岛弧,主要由安山岩及少量玄武岩、英安岩、流纹英安岩组成,分布在新几内亚北部盆地和海岸之间及北西伊利安北第维德山脉(范里士山),上述地区的晚中新世及更晚的沉积覆盖在白垩纪、古近纪和早中新世岩浆杂岩体之上。中、晚中新世—更新世花岗岩和石英闪长岩由大量岩株和小岩基组成,沿新几内亚岛北部海岸延伸,侵入古新世地层中(Pigram, 1987; Hall, 2011a,b)。

### 3.2 II 缅甸—西马来造山系

#### 3.2.1 II-1 萨马蒂亚结合带

萨马蒂亚结合带,又称为印缅山脉结合带或那加断裂系,以耶道—济盖断裂为界,与西侧阿萨姆—若开前陆盆地相隔(图1)。东侧以那加断裂与缅甸西部盆地相隔。该构造带是东喜马拉雅构造带的向南分支,表现为复理石单元经过大规模逆掩,而形成的紧闭褶皱。也有人称之为缅甸西部褶皱带、西部山脉带、印缅山脉带和若开地体(Metcalf, 2013; Sevastjanova et al., 2016)。结合带由白垩纪到始新世的深海浊积岩和三叠纪、始新世到渐新世的蛇绿混杂岩组成,主要岩性为海沟增生杂岩和砂泥岩;纯橄岩、橄辉岩、蛇纹岩;辉长岩、枕状熔岩及放射虫硅质岩;滑石片岩、千枚岩、云母片岩等组合(潘桂棠等, 2013)。

#### 3.2.2 II-2 西缅地块

西缅地块位于缅甸中西部,介于印缅山脉结合带和葡萄—密支那结合带之间,主体为缅甸中部低地(也称为缅甸内部古近—新近纪盆地,图1)。除北部地区出露有可能为前寒武纪的变质基底外,大部分为古近—新近系沉积物所覆盖。

该带西部为弧前盆地带,晚白垩—新生代沉积厚达10000 m以上,晚三叠世的浊积岩构成宽缓的向斜,是油气田的分布带。中部为火山弧带(中央高地火山弧)(Metcalf, 1991),白垩纪—渐新统,发育以火山灰和火山角砾岩为主的一套中酸性、中基性高钾钙碱性系列火山岩;中新世—上新世发育一套安山玄武岩、安山岩、凝灰岩、火山集块岩和火山角砾岩岩石组成。东部为弧后盆地,主要为晚白垩世—新近纪海陆交互相和陆相沉积,岩性包括凝灰岩、沉凝灰岩、凝灰质砂、泥岩等(潘桂棠等, 2013)。

#### 3.2.3 II-3 葡萄—密支那—道茂结合带

葡萄—密支那—道茂结合带相当于掸邦边界

结合带,位于缅甸北部(图1),甘高隆起东侧,大体顺迈立开江—伊洛瓦江上游,呈向东突出的弧形展布在敏贡—密支那—葡萄—密支那一带。它向北西延伸经过印度阿萨姆邦东北角到中国西藏东部察隅地区南部,并在葡萄西部南普柯(Nampuk)一带与印缅山脉结合带合二为一,向南东延伸构成雅鲁藏布江结合带的另一分支(Liu et al., 2016)。

该带被实皆走滑断裂右旋错断430 km,东为葡萄—密支那带,西为夏杜拉—隆冬带。两带之间为甘高—枯门岭移置地块(Zin-Maung-Maung-Thein et al., 2009)。带内超基性岩体大面积分布,主要岩石类型有纯橄岩、方辉橄岩、单辉橄岩、辉石岩、辉长岩、玄武岩、宝石级硬玉及蓝闪片岩等,其次是白垩系和古近—新近系(主要是中新统和上新统)沉积层,以及花岗岩、安山岩和新生代玄武岩。

#### 3.2.4 II-4 高黎贡—比劳山弧盆系

高黎贡—比劳山弧盆系,也被称作腾冲—毛淡棉地块。西界为葡萄—密支那结合带和实皆断裂;东界北段为班公湖—怒江结合带南延的潞西—抹谷结合带,中段为潘隆(Panlaung)断裂(即格劳冲断裂或Nwalabo断裂的西界断裂,属于掸邦陡崖断裂系),南段大致在茂奇—桑卡拉武里—赛育—碧里—春蓬—甲米一线,直至马来西亚的凌加卫岛,即位于西边墨吉带(冰海混积岩分布带)和东边三叠—侏罗系分布带之间或交界处(图1)。东侧潞西三台山见蛇绿混杂岩,在抹谷附近见超镁铁质岩与片麻岩相伴,还见蓝闪片岩,是高黎贡—抹谷变质带向东逆冲推覆掩伏的残迹(Sone and Metcalfe, 2008)。

该带具前寒武变质基底,岩性主要为孔兹岩、片麻岩、红—蓝宝石大理岩等。发育晚石炭—早二叠世海混积岩(墨吉群),相当于腾冲地区勐洪群。该带岩浆活动强烈,发育侏罗—白垩纪S型花岗岩,以及始新世、中新世花岗岩(伟晶岩、细晶岩为主),具有东早西晚的特点,并形成超大型云英岩型W-Sn成矿带(李兴振等, 2002; Barley et al., 2003)。

#### 3.2.5 II-5 保山—邦邦地块

保山—掸邦地块西邻腾冲—毛淡棉微陆块(图1)。东部北段以柯街断裂为界,中段东界大致经缅甸东部邦隆—滚欣—孟茂一线,向南接泰国西

部的夜丰颂—迈萨良断裂;南段东界在湄索—北碧一线,大致以三叠系出露的东界为界。

北部保山地块,震旦系至中下寒武统(公养河群)为一套复理石砂板岩夹火山岩、硅质岩,具浊流沉积特征,显示较活动的过渡型沉积。晚寒武世至二叠纪变为稳定地块型浅海碎屑岩和碳酸盐岩沉积。奥陶纪和泥盆纪有粗碎屑和镁质碳酸盐岩发育,泥盆纪进入被动边缘较深水沉积环境。早二叠世(原为晚石炭世)有玄武岩和玄武安山岩的喷溢。南部掸邦地块,出露最老地层为震旦纪至早中寒武世昌马支群浊积岩,其上的盖层有寒武纪砂岩和细碎屑岩(班云层和莫洛亨群),在包德温矿区班云层底部夹凝灰岩、集块岩、火山灰层和流纹岩(包德温火山岩系),在南掸邦的莫洛亨群中局部发育底砾岩,不整合在昌马支群之上;其上发育一套奥陶—志留系浅水碳酸盐岩及细碎屑岩以及石炭—二叠系致密微晶灰岩。侏罗系为一套红色碎屑岩和碳酸盐岩,顶部出现煤层。在掸泰地块南端的泰国半岛南部博他仑—合艾地区,还发育一套石炭—二叠系硅质碎屑岩,为含冰川成因的混积岩层。保山—掸邦地块的火山岩主要有保山地块晚石炭世或早二叠世基性、中基性火山岩和晚三叠世的基性到中酸性火山岩系(王宏等, 2012; 李新仁等, 2017)。

保山和掸邦地块具有下列共性:①晚前寒武纪或震旦纪—寒武纪发育一套较活动型的过渡型沉积,即公养河群和昌马支群浊积岩,晚寒武世进入稳定地块发展阶段;②泥盆系均发育碳酸盐岩;③中三叠统同样发育白云岩;④晚中生代出现红色碎屑岩,并不整合在下伏不同时代地层之上;⑤两地块东侧可能发育一套早二叠世冰川成因混积岩(可能为重力流堆积)。因此,它们具有大致相同的沉积历史和构造演化历史,是一个统一的稳定地块。

### 3.2.6 II-6 他念他翁—西马来地块

他念他翁—西马来地块本质上是保山—掸邦地块的南延部分,仅被难府—那空河畔北西向左行断裂(湄南河左行断裂)剪切错断(图1)。其中泰国南部地区出露广泛的二叠系碳酸盐,由厚层状的块状灰岩、白云岩夹硅质碎屑岩、页岩和燧石结核组成。地块东部边缘在素攀武里,志留纪—石炭纪为被动边缘复理石沉积。在童颂—沙敦一带,奥陶纪

—志留纪为深水笔石页岩和层状硅质岩沉积;泥盆纪—石炭纪为硅质碎屑沉积岩(Metcalf, 2013; Cottam et al., 2013)。

### 3.3 III 昌宁—孟连—清迈—劳勿—文冬对接带

该带可分为北段昌宁—孟连—清迈结合带和南段劳勿—文冬结合带。昌宁—孟连—清迈结合带北起昌宁,经孟连向南穿越缅甸延伸至泰国北部清迈,北接龙木措—双湖结合带。劳勿—文冬结合带北接昌宁—孟连—清迈,向南通过泰国的清莱带到马来半岛中部。结合带西边为缅甸—西马来造山系,东部为印支板块(图1)。

北段昌宁—孟连—清迈结合带代表了原—古特提斯大洋最终消亡后的遗迹,最早可以追溯到早古生代。原—古特提斯洋中分布着规模不等的(微)地块,如喜马拉雅地块、拉萨地块、羌塘地块、保山地块等,这些地块在早古生代普遍存在岩浆活动,是在原特提斯洋俯冲作用下安第斯造山运动的结果(Zhu et al., 2012; 彭智敏等, 2014)。

昌宁—孟连洋在早奥陶世(471 Ma)或者更早就开始了向东的俯冲消减作用(刘桂春等, 2017)。澜沧岩群可能是原—古特提斯洋向东俯冲消减形成的早古生代构造增生杂岩,其中识别出早古生代具有岛弧性质的变质火山岩,认为其是昌宁—孟连原特提斯洋盆俯冲消减的产物(彭智敏等, 2018)。部分地段发育蛇绿岩(早奥陶世—中三叠世),如云县铜厂街地区发育有变质橄榄岩(蛇纹岩),变质堆晶岩(变质辉橄岩、橄辉岩)、辉长岩、洋脊/准洋脊型玄武岩和洋岛型玄武岩、放射虫硅质岩;曼信地区有枕状的橄榄拉斑玄武岩和亚碱性苦橄玄武岩(莫宣学等, 1993; 李兴振等, 2002)。向南在缅甸东部,出露有石炭—二叠纪的超镁铁质和镁铁质杂岩,主要是角闪石岩和蛇纹岩(Charusiri et al., 1996)。再向南至清迈的北部和东部分布有石炭—二叠纪安山岩、辉石岩和凝灰岩。

南部文冬—劳勿结合带宽约13 km,总体为近南北向在马来半岛延展。带内主要岩性为泥质/粉砂质陆源浊积岩、大洋沉积硅质岩、片岩和蛇纹石化镁铁质—超镁铁质岩体,以及局部晚泥盆世—晚二叠世纹层状放射虫硅质岩和二叠纪灰岩、玄武岩、火山凝灰岩岩块。结合带西部为被动边缘带,发育零星的下古生界和上古生界岩石和火山岩夹

没有固定形态的灰岩和硅质岩块,是古特提斯物质(洋底沉积、蛇绿岩、海山和可能的火山弧)在泰缅马苏陆块与印支板块碰撞时,残留于增生和碰撞杂岩中(Metcalf, 2000)。

综合地质、地球化学、古生物学等特征,认为早一中泥盆世,承接于可能的原特提斯残留洋,昌宁—孟连—文冬—劳勿洋开始扩张;晚石炭世末,大洋消减伊始,昌宁—孟连—文冬—劳勿洋东向俯冲;至中三叠世,昌宁—孟连—文冬—劳勿洋闭合,缅甸—西马来造山系与横断山—印支造山系拼合(Metcalf, 2013; 邓军等, 2013)。

### 3.4 IV横断山—印支造山系

横断山—印支造山系西界为昌宁—孟连—清迈—文冬—劳勿结合带,北东界为金沙江—哀牢山—马江结合带,向北接东羌塘地块(图1)。

横断—印支造山系由几个微陆块和介于其间的结合带构成,自西向东有:临沧—清莱弧盆系,思茅—彭世洛地块,琅勃拉邦—难府—程逸结合带,那空泰—碧差汶地块,黎府弧盆系,泰国湾—东马来弧盆系,万象—昆嵩地块。在昆嵩微陆块以北有车邦—岷港结合带和长山微陆块,以南有斯雷博河结合带和大叻地块。横断山—印支造山系未见晚石炭世—早二叠世冰海混积岩,也很少见有冷暖水生物的混生,即使有,也以特提斯暖水生物和华夏植物群为主。晚古生代和中生代的动物和植物群是华夏型/特提斯型,显示亲华南的特征。

#### 3.4.1 IV-1 临沧—清莱弧盆系

临沧—清莱弧盆系西界为昌宁—孟连—清迈结合带,东界为澜沧江(断裂)—清莱结合带,向北延可接北羌塘(图1)。其西部为临沧—坤丹岩浆弧,主体由新元古界变质岩和上古生界—中生界沉积岩及三叠纪花岗岩组成。前寒武系为各种混合岩、片麻岩、变粒岩和片岩,原岩为一套复理石碎屑岩夹基性火山岩、硅质岩和碳酸盐岩;上古生界发育一套被动大陆边缘碎屑岩夹基性火山岩、硅质岩和碳酸盐岩;中生界在北部为海陆交互相至陆相红色碎屑岩,三叠系、侏罗系和白垩系分别不整合在下伏地层之上。临沧—清莱弧盆系东部为南澜沧江—清莱蛇绿混杂带,分布于泰国清莱府南—西南,主要由蛇纹石化超基性岩、辉长岩、辉绿岩等组成,构造侵位在云母片岩之中,云母片岩、千枚岩发

生强烈褶皱(冯庆来等, 2002; 李兴振等, 2004)。

#### 3.4.2 IV-2 思茅—彭世洛地块

思茅—彭世洛地块位于临沧—清莱弧盆系东侧(图1),自西向东可分为景洪—会晒陆缘火山弧、思茅—彭世洛弧后前陆盆地和绿春—琅南塔陆缘火山弧三个组成部分。景洪—会晒陆缘火山弧,发育一套二叠—三叠纪基性到酸性的钙碱性火山岩,主要由玄武质安山岩、安山岩、凝灰岩和流纹岩组成。此外在老挝琅南塔到会晒一带(与缅甸交界),发育少量晚石炭世—三叠纪碎屑岩、灰岩及中性火山岩(安山、英安岩)夹少量玄武岩;在泰国南邦发育一套安山岩、流纹岩及陆相红色碎屑岩。思茅—彭世洛弧后前陆盆地则发育古生界变质岩、石炭—二叠系火山—沉积岩系,内含浊积岩;三叠系碎屑岩和碳酸盐岩;以及中侏罗世一套红色碎屑岩。绿春—琅南塔陆缘火山弧位于老挝丰沙里省东部,发育石炭系复理石砂板岩(浊积岩)、硅质岩、双峰式基性火山岩和流纹岩及碳酸盐岩;晚二叠世为一套碎屑岩、碳酸盐岩和玄武岩、安山岩及火山碎屑岩(李兴振等, 2004)。

#### 3.4.3 IV-3 琅勃拉邦—难府—程逸结合带

琅勃拉邦—难河—程逸结合带位于思茅—彭世洛地块和那空泰—碧差汶地块之间(图1)。其北段琅勃拉邦构造带大致平行于奠边府断裂带,带内保存有大量的寒武纪—白垩纪的枕状玄武岩、玄武质安山岩、辉长辉绿岩、基性火山碎屑岩等基性岩浆岩,以及早石炭世放射虫硅质岩(Blanchard et al., 2013; Rossignol et al., 2016)。南段难河—程逸结合带分布二叠—三叠纪的镁铁质—超镁铁质岩,包括洋岛玄武岩、弧后盆地玄武岩、岛弧玄武岩、安山岩、岛弧安山岩及蛇纹岩、橄榄岩、蓝片岩及深俯冲的堆晶岩等(李兴振等, 2004)。

#### 3.4.4 IV-4 那空泰—碧差汶地块

那空泰—碧差汶地块位于难河—程逸结合带的东侧(图1),主要地层为侏罗—白垩纪红层。在二叠纪晚期由于古特提斯洋向东俯冲,在那空泰地区形成多岛弧的火山岩带,至三叠纪转为开阔大洋的复理石沉积相。早—中三叠世,那空泰地块向西俯冲至南邦—清莱火山弧之下,形成难河结合带,在南邦—清莱地块上形成弧前盆地和弧后盆地沉积。至晚三叠世,那空泰地块与万象—昆嵩地块基

本闭合,形成黎府结合带(Charusiri et al., 2002; 杨文强, 2010)。

#### 3.4.5 IV-5 黎府弧盆系

黎府弧盆系位于琅勃拉邦—难府—程逸结合带和那空泰—碧差汶地块东侧(图1)。晚泥盆世—早石炭世,位于那空泰地块和印支板块之间的黎府洋盆(原特提斯洋)开始俯冲,出现洋脊玄武岩和弧火山岩,包括流纹岩、英安岩、安山岩和玄武岩等。晚泥盆世在黎府带出露的沉积地层主要为晚泥盆世灰岩、放射虫硅质岩和晚泥盆—早石炭世的砂岩、粉砂岩、泥岩、页岩和灰岩夹层。晚石炭世,难河—程逸洋盆不断扩张,发育3种沉积类型:含煤碎屑岩沉积、含石膏层的灰岩沉积和含放射虫硅质岩砾石的粗碎屑岩沉积,这些地层与下伏地层呈角度不整合接触(杨文强, 2010)。黎府地区火山岩带由西向东可以分为三个亚带。东亚带和西亚带主要是三叠纪的弧火山岩,其中东亚带的主要岩性为流纹岩,西亚带的岩性为安山岩。中亚带主要由枕状熔岩、玻屑碎屑岩、枕状角砾岩组成;向西南至碧差汶地区主要岩性为凝灰岩、集块岩、流纹岩和安山岩(杨文强, 2010)。

#### 3.4.6 IV-6 泰国湾—东马来弧盆系

泰国湾—东马来弧盆系位于劳勿—文冬对接带东侧(图1)。其中庄他武里蛇绿混杂岩带代表了洋壳俯冲增生楔,基质为中—晚三叠世紫红色层状硅质岩和细碎屑浊积岩冲断岩席,岩块为中—晚二叠世灰岩、中三叠世灰岩、洋岛玄武岩、枕状玄武岩、安山岩和硅质岩。庄他武里蛇绿混杂岩带东侧为豆蔻山—西哈努克火山弧,主要发育石炭系浅海相厚层石灰岩夹珊瑚群;晚二叠世—三叠纪以浅海相页岩、灰岩为主,庄他武里地体的东半部则发育深水硅质碎屑沉积岩;侏罗—白垩纪为陆相红层(Sone and Metcalfe, 2008)。庄他武里蛇绿混杂岩带西侧为泰国湾弧间裂隙盆地,始新世—渐新世发生裂谷作用,晚渐新世—早中新世裂隙广泛发育(Morley et al., 2012)。

#### 3.4.7 IV-7 八布—斋江—香巴岛结合带

八布—斋江—香巴岛结合带主体为一套混杂岩带,主要发育蛇绿岩、增生杂岩、洋岛海山等岩石组合,以及超高压榴闪岩,其变质年龄为451~454 Ma。早古生代持续发育与活动陆缘相关的弧前、弧

后等边缘海地层序列;志留纪末武夷云开岛弧已与华南板块拼贴,仅在钦防地区为一残余海盆,出露砂页岩、深水浊积岩、粉砂质泥岩夹灰岩透镜体。晚古生代—早三叠世该带发育连续的深水盆地相硅质岩系和弧前斜坡浊积泥质碎屑岩沉积为主,推断其很有可能是一套弧前增生楔(张克信等, 2015; 潘桂棠等, 2016)。

#### 3.4.8 IV-8 金平—和平—越北地块

金平—和平—越北地块位于八布—斋江—香巴岛结合带南侧(图1)。该地块洋壳层形成于新元古代—早奥陶世,主要岩性为二云片岩、片麻岩、石英岩等;地块形成于加里东运动之后,泥盆纪时才出现地台型盖层,主要由志留系至二叠系深水—半深水相灰绿色绢云硅质板岩、变岩屑砂岩、钙质绢云硅质板岩、泥晶灰岩、绿泥片岩和硅质岩等组成,局部地区出现蓝晶石片岩(林方成等, 2010; 潘桂棠等, 2013)。

#### 3.4.9 IV-9 莱州—黑河弧盆系

莱州—黑河弧盆系位于金平—和平—越北地块南西侧,马江结合带以北(图1)。其中北部发育黑河蛇绿混杂岩带,由寒武纪至白垩纪的沉积岩组成,从海相碳酸盐岩到陆相红层,包括广泛分布的二叠纪玄武岩、枕状熔岩、科马提质熔岩(玻安岩)。蛇绿混杂岩岩性包括橄榄岩、蛇纹石化纯橄榄岩、异剥橄榄岩、辉长岩、辉绿岩。志留纪—三叠纪洋盆发育,形成裂谷陆源碎屑岩和碳酸盐岩沉积;侏罗纪末到古近纪发生裂谷作用,裂谷带充填了火山岩和火山成因的沉积物(李兴振等, 2004)。莱州—黑河弧盆系南部为莱州—清化火山弧,是由早古生代马江洋向北俯冲形成的火山弧带,主要发育了一套变质的陆源碎屑岩、镁铁质火山岩(下部)和碳酸盐岩—陆源碎屑岩夹中酸性火山岩(上部),遭受了绿片岩—角闪岩相变质作用(林方成等, 2010)。

#### 3.4.10 IV-10 哀牢山—马江结合带

哀牢山—马江结合带是横断山—印支造山系和华南板块的古碰撞结合带,向北西接哀牢山结合带,共同组成古特提斯金沙江—哀牢山—马江洋的残余(图1)。主要岩性有出露纯橄榄岩、方辉橄榄岩、纯橄榄岩—橄榄岩—辉长岩、辉长岩—苏长岩、镁铁质—拉斑质火山岩。可见大量超镁铁质和镁铁质岩块呈冷侵入体侵位在俯冲的混杂岩组合中。该



带晚泥盆世之前存在原特提斯马江洋,晚泥盆世闭合;古特提斯马江洋于早石炭世打开,早三叠世初闭合转入残余海盆,发生弧陆碰撞(王宏,2015;林方成等,2010)。

#### 3.4.11 IV-11 长山地块

长山地块位于马江结合带南侧(图1),由北到南又可分为桑怒岩浆弧、大江弧后前陆盆地和甘蒙—顺化火山弧。桑怒岩浆弧以闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩组合为主,于280~240 Ma 侵位于上石炭统一二叠系的碳酸盐—陆源沉积和玄武岩、安山岩等弧火山岩内;上二叠统一上三叠统为灰岩、砂岩和粉砂岩伴有大量流纹岩、流纹英安岩、玄武岩等弧火山岩组合,表明马江结合带南西侧同时也发育一个二叠纪的岩浆弧,马江带在晚古生代仍有洋盆发育。裂谷作用始于中三叠世,发育在早一晚古生代的陆壳基底上或上叠在已褶皱的岩层或火山弧带上。盆地的基底由奥陶—泥盆纪的岩层组成。桑怒裂谷于晚三叠世闭合(Phan, 2000;林方成等, 2010)。大江弧后前陆盆地由马江洋在二叠纪向NNW俯冲于长山地块之下形成,主要发育中一新元古代混合岩化黑云母片麻岩和角闪岩,二叠纪—早三叠世发育火山碎屑—沉积岩系及陆源碎屑浊流沉积、硅质岩,岩性主要包括火山角砾岩、凝灰岩、沉火山角砾岩、沉凝灰岩、凝灰质砾岩、凝灰质砂泥岩等。甘蒙—顺化火山弧带主要由奥陶—志留纪的钙碱性火山岩(玄武岩、安山岩)和产三叶虫的复理石沉积,早泥盆世红层,以及中泥盆世—石炭纪和二叠纪陆源碎屑岩和碳酸盐岩组成(Le Van De, 1997;林方成等,2010; Shi et al., 2015)。

#### 3.4.12 IV-12 色潘—岷港结合带

色潘—岷港结合带位于万象—昆嵩地块北侧、长山地块之南,呈北西向展布(图1)。古生代洋壳为以超镁铁质岩、镁铁质岩和陆源碎屑岩为代表的蛇绿混杂岩组合,后期构造变形作用强烈,蛇绿混杂岩体(纯橄榄岩、蛇纹岩、角闪石辉石岩、辉长岩等)呈构造透镜体沿结合带断续出露。带内还出露有石英岩、云母石英片岩、绿片岩、变凝灰岩、变流纹岩、变玄武岩等变质岩。

色潘—三岐带原洋壳南北消减闭合不等时,向南俯冲较早。向北俯冲可能发生于志留纪末—泥盆纪初,闭合于晚石炭世或早二叠世(李兴振等,

2004,林方成等,2010)。新元古代—寒武纪洋壳在奥陶—志留纪时向南俯冲在昆嵩地块之下,在志留纪末俯冲结束(李兴振等,2004,林方成等,2010)。于三叠纪初在结合带东南端形成隆山上叠盆地,叠置在加里东褶皱基底上。下一中三叠统发育酸性火山岩。盆地的主要岩层为诺利期含煤层系,其上为下一中侏罗统沉积(Le Van De, 1997;林方成等, 2010)。

#### 3.4.13 IV-13 万象—昆嵩地块

万象—昆嵩地块位于长山地块以南,黎府弧盆地以东(图1),主要包括西部的呵叻盆地和东部的昆嵩地块。呵叻盆地位于泰国的东北部和老挝中部,盆地面积约 $17 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,是在稳定克拉通基底上发展起来的晚古生代坳陷盆地,具有下海上陆、下断上凹双重结构(李兴振等,2004,林方成等,2010)。自下而上发育了上古生界石炭系及二叠系,中生界三叠系、侏罗系及白垩系,以及少量新生界。昆嵩地块为一古陆块,由结晶基底和盖层构成。结晶基底主要由太古宇和元古宇组成:太古宇下部为镁铁质麻粒岩、变基性火山岩,中部为镁铁质—硅铝质过渡特征斜长片麻岩,上部为硅铝质花岗岩;元古宇为斜长片麻岩、(辉长)角闪岩和矽线石片岩及由混合花岗岩组成的变质花岗岩。其上盖层主要是中三叠统碎屑岩、碳酸盐岩、砂砾岩、页岩及少量流纹岩,中侏罗统造山磨拉石相砂砾岩层,以及白垩纪红层、泥灰岩、粉砂页岩、含膏岩层等(Nakano et al., 2007;王宏等,2015)。

#### 3.4.14 IV-14 斯雷博斯河结合带

斯雷博斯河结合带位于柬埔寨东北与老挝、越南交界处的斯雷博河一带,即昆嵩地块南西(图1)。发育一个在古生代基底上打开的晚古生代—早中生代的洋盆、中古生代—晚古生代的岛弧及晚二叠世—早三叠世的磨拉石造山杂岩。斯雷博河洋盆发育于晚古生代—早中生代,洋壳杂岩以老挝南部、柬埔寨的含放射虫的硅质沉积以及碎屑岩、灰岩夹酸性火山岩为代表(Le Van De, 1997;李兴振等,2004;施美凤等,2011)。

#### 3.4.15 IV-15 大叻地块

大叻地块位于柬埔寨和越南南部(图1),主要出露新生界,且以第四系沉积为主,其次为侏罗系和白垩系,零星出露三叠系。泥盆纪—早石炭世砂

泥质与硅质建造的浅变质岩系不整合覆盖于基底元古宇变质岩系之上,中、晚石炭世陆源砂泥质建造又不整合在浅变质岩系之上,且有多处花岗岩侵入。其上为二叠纪英安岩、早三叠世海相火山(流纹岩为主)-沉积建造,中三叠世一早侏罗世海相泥质碎屑岩建造,和晚侏罗世一早白垩世闪长岩-花岗闪长岩-花岗岩组合。最上层为新近纪-第四纪玄武岩(李兴振等,2004)。

#### 3.4.16 IV-16 菩萨—贡布—南游结合带

菩萨—贡布—南游结合带位于大叻地块南西侧,呈北西-南东向展布(图1),Le van De (1997)曾命名为贡布—河仙早古生代洋盆。沿带发育放射虫硅质岩和火山岩夹灰岩,在菩萨南西逾70 km遍布超基性铬铁矿。贡布洋可能形成于泥盆纪,闭合于二叠纪末—三叠纪初,其洋盆闭合的时间与澜沧江—清莱洋、金沙江—哀牢山—马江洋和哀牢山—斯雷博河洋大体一致(李兴振等,2004;施美凤等,2011)。

### 3.5 V 印马菲多岛弧盆系

#### 3.5.1 V-1 印度尼西亚前锋弧

印度尼西亚前锋弧西-西北部位于安达曼海沟一带,向东南经苏门答腊海沟和巽他海沟,至东南边界帝汶海沟,又可分为西段苏门答腊—爪哇岛弧和东段班达岛弧(图1)。

苏门答腊—爪哇岛弧可分为海沟、弧前隆起带、弧前盆地和岛弧几个部分。弧前隆起带为苏门答腊—爪哇海沟北侧的非火山构造带,其脊顶大部分处于海面之下1000~3000 m。脊顶向西北方向升高,在北苏门答腊外出现几个高出海面数百米的岛屿,如雪马路岛、尼亚斯岛和明打威群岛等。该带由构造混杂岩组成,包括较老的地层、深海沉积和蛇绿岩套,岩性为中等强烈变形的沉积岩和结晶岩、复矿碎屑岩、橄榄岩、玄武岩、细碧岩、绿色片岩和角闪岩等,是仰冲和俯冲的构造隆起带。弧前盆地是海沟与火山弧之间的构造拗陷带。大部分水深在200~2000 m,其中爪哇段水深达3000~4000 m。弧前盆地两侧发育地壳断裂或基底断裂。拗陷盆地内有厚达5000~6000 m的沉积层,在火山岛弧边缘有轻微的变形,而近海沟的一侧变形强烈并向外弧逆掩,盆地中部沉积层平缓。基底为古生代地层,其上不均匀地分布着新近系,其中包括中新统的浅水碳酸盐沉积。苏门答腊—爪哇岛弧部分岩石建造包括石炭—三叠系近水平的

灰岩、页岩和砂岩,侏罗—白垩系局部有玄武岩和安山岩,晚白垩世的构造混杂岩,以及中新世晚期或者更年轻的陆相火山沉积岩、砂岩、凝灰岩等(Aldiss and Ghazali, 1984)。

班达岛弧亦可分为海沟断裂带、弧前隆起带、弧前盆地和岛弧构造带(Spakman and Hall, 2010)。班达海沟是围绕着班达构造带外弧的岩石圈断裂带,水深在1500~3500 m,一般不超过3000 m。班达弧前隆起带由帝汶岛、塞兰岛及许多小的岛屿组成,主要出露二叠纪至中新世的灰岩、钙质砂岩、硬砂岩、页岩、放射虫硅质岩及各种变质岩(蓝闪石片岩,绿片岩等)、花岗闪长岩、玄武岩等组成的构造混杂岩。班达弧前盆地包括萨武海盆、韦塔海峡和韦伯海沟等,水深约3000 m。班达岛弧构造带由内火山弧群岛及水下火山岛构成,主要由下中新统或中中新统的灰岩及海相中、基性火山岩组成,厚度大于2000 m(Charlton et al., 1991)。

#### 3.5.2 V-2 马六甲—爪哇海—班达海弧后盆地群

马六甲—爪哇海—班达海弧后盆地群位于印度尼西亚前锋弧东北侧,与后者展布基本一致(图1),可分为苏门答腊弧后盆地,爪哇海弧后盆地和班达海弧后盆地。苏门答腊弧后盆地沉积厚度最大可达6000 m,古新一始新统为陆相砾岩和石英砂岩组合;渐新统为沼泽相、三角洲相和滨海相碎屑岩组合;下中新统一上中新统为海相页岩、泥灰岩、凝灰岩组合,含大量浮游有孔虫等海相动物化石;中新世晚期—上新世地层为海退相的砂岩组合;上新统的海陆交互沉积组合中含有褐煤建造;上新世末发生褶皱变形,隆起成陆。爪哇海弧后盆地基底为白垩纪花岗岩、花岗岩闪长岩、石英闪长岩、闪长岩和石英二长岩,以及板岩、千枚岩、石英岩和大理岩等中低级变质岩(Smyth et al., 2007)。班达海弧后盆地范围基本与班达海吻合,其北、南和东面为班达岛弧所包围,西与苏拉威西构造带接壤。水深一般在4000~5000 m。班达海中部海岭,部分露出水面,形成西帕腊群岛和佩纽群岛(Harbury et al., 1990; Charlton et al., 1991; Waipan et al., 2015; Zimmermann and Hall, 2016)。

#### 3.5.3 V-3 加里曼丹地块

加里曼丹地块位于加里曼丹岛,由泥盆—三叠系和侏罗—白垩系组成,为印支期褶皱基底(图

1)。加里曼丹岛的中部发育加里曼丹火山弧带,是喜马拉雅断褶带的组成部分。泥盆—三叠系基底混杂岩褶皱发育;侏罗—上白垩统沉积物由粗变细,由碎屑岩、碳酸盐岩到硅质岩,岩浆活动由酸性到基性的海底喷发;新生界主要发育陆相磨拉石建造和火山岩建造(Chambers and Daley, 1995; Moss et al., 1997; Hall and Morley, 2004; Breitfeld et al., 2016)。

### 3.5.4 V-4 南海弧后洋盆

南海是东亚—西太平洋最大的边缘海之一(图1),面积 $350 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,水深可达5500 m。南海弧后洋盆北缘的基底为前新生界,岩性主要为花岗岩、变质岩、凝灰质砂岩和混合岩等(邵磊等, 2007)。古新世—始新世沉积杂色粗碎屑岩、暗色泥岩、页岩等;渐新世—中新世,主要发育滨海相和浅海相砂岩—泥岩互层,以及碳酸盐岩;上新世之后主要发育浅海—半深海相沉积,以泥岩、粉砂质泥岩、未固结黏土层夹粉砂层为主。南海弧后洋盆南缘的基底为中生代中酸性—基性火成岩、变质岩、变质浊积岩、浅海相砂岩、页岩等(孙珍等, 2011)。古新世—始新世发育浅海—半深海相沉积,主要为砂岩和砂泥岩互层;渐新世—中新世,主要发育浅海—半深海相碎屑岩沉积,岩性主要为杂色泥岩、粉砂岩、泥岩以及少量砾岩和灰岩;上新世之后主要发育滨海、浅海至半深海相砂岩、泥岩,以及碳酸盐岩和生物礁(钱坤等, 2016)。

### 3.5.5 V-5 苏拉威西弧盆系

苏拉威西弧盆系位于加里曼丹岛东侧的望加锡海峡与班达海之间(图1)。白垩—古近纪,苏拉威西群岛西部为火山—深成岩浆弧,中部为蛇绿岩和强烈变形变质的沉积建造,东部为蛇绿岩带。苏拉威西岛北部和南部海湾由覆盖在前古近纪和新近纪变质岩、超基性岩和沉积岩之上的古近纪和新近纪沉积和火山岩层组成。苏拉威西岛中央和部分东南海湾由受剪切的变质岩组成,东为受强烈构造作用改造的混杂岩。西苏拉威西的地层类似于东加里曼丹和东爪哇海,表明在中始新世早期整个地区开始沉降并形成—个大的盆地。南苏拉威西岛的东部以及东南海湾由海相沉积岩与镁铁质和超镁铁质岩浆岩互层组成。这些岩石是增生到苏拉威西岛的洋壳蛇绿岩和海相沉积物(Katili, 1989;

White et al., 2014; Hennig et al., 2016, 2017)。

### 3.5.6 V-6 桑义赫—马鲁古弧盆系

桑义赫—马鲁古弧盆系位于马鲁古海东侧,呈东凸弧形(图1)。马鲁古海早期碰撞发生在北部的普哈达半岛,表现为马鲁古海板块向西的俯冲消减作用。结合带中见深变质的蛇绿岩基底杂岩插入互层的片岩和火山岩中。现代碰撞活动转移到南段马鲁古海峡,碰撞带中,桑义赫弧下的俯冲带已被碰撞杂岩掩盖。俯冲带碰撞杂岩中发育与俯冲带倾向相反的逆掩断层。马鲁古海中部的尤岛和蒂福雷岛是碰撞杂岩露出海面的部分,尤岛由辉绿岩、玢岩和辉长岩组成;蒂福雷岛北部出现蛇绿岩,南部为褶曲的玄武岩、石英长石砂岩和石灰岩。这些岛屿构成一条海岭,称为塔劳海脊或塔劳脊,为插入到上覆碰撞杂岩中的洋壳(铃木尉元和沈耀龙, 1989; Watkinson et al., 2011; )。

### 3.5.7 V-7 苏禄—巴拉望弧盆系

苏禄—巴拉望弧盆系位于苏拉威西弧盆系北侧(图1)。其中巴拉望岛及其周边岛弧较为稳定,其核心为基性火山碎屑岩和超铁镁质岩石,外围为中新世后沉积物,沉积岩中大量出现石英和碱性长石碎屑。巴拉望岛北部和礼乐滩构成了北巴拉望断块,发育中生界浅海相砂岩、页岩、砾岩和含煤系的砂岩(Yao et al., 2012);古新世—始新世为浅海相细砂岩、粉砂岩夹少量页岩、泥岩;中新世地层为厚层页岩、泥岩夹粉砂岩、灰岩和页岩;上新世、更新世的现代沉积主要由浅水灰岩组成,局部为钙屑灰岩(钱坤等, 2016)。

### 3.5.8 V-8 吕宋—民都洛弧盆系

吕宋—民都洛弧盆系位于菲律宾东北部到马鲁古海北部的狭长区域内(图1)。区内前侏罗纪地层不太发育,主要为与岛弧相平行的结晶片岩类,沿吕宋岛东缘,特别是通过东南方向的萨马岛和莱特岛边界附近产出。棉兰老岛东部产出超镁铁质杂岩,时代不早于早白垩世(Hall et al., 1995)。白垩纪和古近纪发育层状火山岩和灰岩、泥岩、粉砂岩、砂岩等沉积岩,广泛分布在吕宋岛、中东萨马岛、莱特岛南部、棉南老岛东部等地,构成了吕宋中央山脉以及棉南老岛的太平洋山脉的格架。上新世—更新世地层由泥岩、砂岩和砾岩建造组成,常常覆盖在弧后盆地的大部分地区(铃木尉元和沈耀龙,

1989; Gabo et al., 2009; Suggate et al., 2014)。

### 3.6 VI 菲律宾海板块

菲律宾海板块位于菲律宾以东、太平洋以西,其形状略呈菱形,与东面的太平洋板块、南面的印度洋板块和西面的欧亚板块相邻(图1)。该板块由菲律宾海以下的大洋岩石圈构成,东界是会聚边界,太平洋板块消减于其下,形成伊豆—小笠原—马里亚纳岛弧系;其西北界主要也是会聚边界,菲律宾板块在此边界消减于亚欧板块之下。

## 4 主要成矿带特征

东南亚地区位于全球特提斯成矿域、环太平洋成矿域与印度—澳大利亚成矿域的交汇地带(朱华平等,2016)。构造演化独特,先后经历了原—古—

中—新特提斯增生造山、印度—欧亚陆陆碰撞造山、太平洋俯冲等多期次构造—岩浆事件,形成了时代不同、成因复杂的金属与非金属大型—超大型矿床(林方成等,2010;Zaw et al.,2014;Kamvong and Zaw,2009;Kamvong,2006,2007;Kamvong et al.,2014;Manaka et al.,2014;Makoundi et al.,2014;Salam et al.,2014;朱华平等,2016; )。

本文在上述构造格架的基础上,将东南亚地区特提斯成矿域、环太平洋成矿域与印度—澳大利亚成矿域进一步划分为6个二级成矿省及21个三级成矿带(图2)。

### 4.1 特提斯成矿域

东南亚特提斯成矿域属于特提斯成矿域东段,经历了冈瓦纳大陆裂解,印度—亚洲陆陆碰撞等构

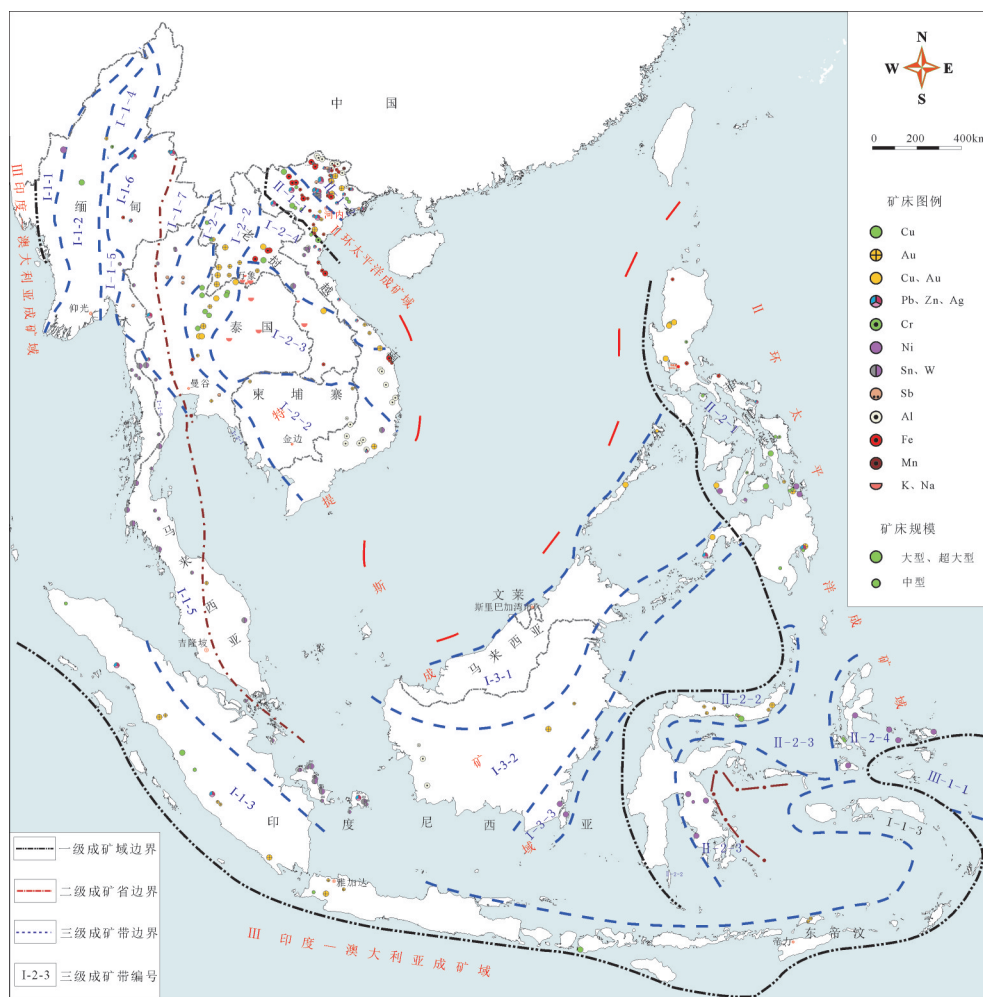


图2 东南亚地区大中型矿床分布图(图中罗马数字为成矿带单元编号,详见正文)

Fig.2 Distribution of large and medium-sized deposits in Southeast Asia (The Roman numeral in the figure is the number of tectonic unit. See the text for details)

造事件形成一个由多陆块、多洋盆和多岛弧相间排布而成的成矿体系。其复杂的地质演化过程注定了其成矿具多金属、多类型的特征,漫长的地质演化过程决定了其金属堆积的连续成带性,其中一些重要成矿带和大型-超大型矿床全球著名,如占世界 W-Sn 总储量 54% 的钨锡多金属成矿带 (Schwartz et al., 1995)。

#### 4.1.1 缅甸—苏门答腊成矿省

缅甸—苏门答腊成矿省由印缅山脉铬镍成矿带、西缅甸铜成矿带、苏门答腊—爪哇铜金铅锌成矿带、道茂—密支那铬镍金铂成矿带、德林达伊—普吉—勿里洞钨锡铋成矿带、掸泰铅锌银金铋铁成矿带、清迈—马亚半岛钨锡锰铜铅锌铋金铁铝成矿带组成,大地构造位置属于缅甸—西马来造山系和昌宁—孟连—清迈—劳勿—文东对接带。

##### (1) I-1-1 印缅山脉铬镍成矿带

构造上同于印缅山脉结合带,是印缅山脉洋盆(雅鲁藏布江洋东端的一分支)于白垩纪—古近纪俯冲闭合的产物。该带西边由耶道—济盖断裂将其与阿萨姆—若开前渊带分开,东边与缅甸西部盆地之间为那加断裂系所隔。那加断裂系从马达班湾向北延伸 1500 km,整个断裂系都伴有基性和超基性岩带。

带内铬镍成矿主要受白垩纪—始新世就位的那加—若开蛇绿岩带的控制,容矿岩性主要为蛇纹石化纯橄榄岩和方辉橄榄岩。铬镍矿床(点)主要分布在结合带东部,带内已知矿床(点)16处,其中代表性矿床有缅甸莫苇塘大型硅酸镍矿(图2,表2)(郭远生等,2013),为晚白垩世—新生代形成的与镁铁质—超镁铁质岩有关的岩浆分异—风化型铬镍成矿系统。

##### (2) I-1-2 西缅甸铜成矿带

该矿带大地构造位置位于西缅甸地块内(图1)。带内已知铜金矿床(点)可达 60 多个(图2,表2),如:蒙育瓦铜矿(Mitchell et al., 2011)、掸卡隆铜矿、皎帕托金矿、色科川金矿等等。铜矿床主要跟英安岩、安山岩及细晶岩等火山岩区内的热液蚀变带有关,主要产于火山碎屑岩和安山斑岩内。矿床类型以斑岩型和块状硫化物型为主。金矿床与安山岩、石英闪长岩类岩石有关,成矿类型多为含金石英脉型、低温热液型和砂金矿床,现有的砂金矿点和矿化点分布最多,主要分布在伊洛瓦底江、钦敦江等

流域,并以冲积型为主。

##### (3) I-1-3 苏门答腊—爪哇铜金铅锌成矿带

位于苏门答腊陆块、爪哇—班达岛弧带,分为苏门答腊段和爪哇段,该成矿带以铜、金矿为特色,仅西爪哇—弗洛勒斯岛,就包含印度尼西亚 20% 的金矿和 14% 的铜矿。成矿带地层主要有前石炭纪变质岩,石炭—白垩纪碎屑岩、碳酸盐岩、火山岩,新生代安山—玄武岩、火山角砾岩、火山熔岩和凝灰岩等弧火山岩系。岩浆岩则以中生代俯冲—弧火山—侵入岩系大量发育为特征。成矿带内铜矿床类型为斑岩型铜(金)矿床、矽卡岩型铜(铅锌)矿床、火山沉积喷气型铜铅锌矿床为主,拥有超大型铜矿床 2 个、大型铅锌(铜)矿床 3 个。金矿床类型主要为浅成低温热液矿床和火山沉积喷气型矿床,其中大型矿床 3 个(Purnama 金矿床等),中型矿床 6 个。典型矿床有巴图黑教铜金(Batu Hijau)矿床(图2,表2)(Idrus et al., 2007)。

##### (4) I-1-4 道茂—密支那铬镍金铂成矿带

道茂—密支那铬镍金铂成矿带受控于缅甸东北部道茂—密支那镁铁—超镁铁岩带,该带沿缅甸东北部葡萄—密支那—道茂结合带展布(图2),由两个岩段组成:密支那(Myitkyina)岩段北起葡萄(Putao),经密支那,南达太公当(Tagauung Taung),长约 450 km,南西被实皆大断裂切截;道茂(Tawmaw)岩段北起自枯门岭(Kumon Ridge)西侧、胡冈(Hukawng)谷地以东,南达当东隆以东,长约 150 km,南西亦被实皆大断裂切截。带内已知矿床(点)45 个。代表性矿床有密支那岩段的达贡山大型风化残余红土型硅镁镍矿(图2,表2)(郭远生等,2013)、达贡山小型岩浆型铬矿、三奈(Sanlaik)镍矿点等;道茂岩段的邦茂茂(Pangmawmaw)、南杉茂(Namshamaw)、马合(Mahok)、道茂等岩浆型铬铁矿。此外,还有产于镁铁—超镁铁岩裂隙中的小型后期热液脉状铜矿、金矿和砂金铂矿。它们一起构成了道茂—密支那与镁铁质—超镁铁质岩相关的岩浆—热液—风化残余(残坡积)型铬镍金铂成矿带(郭远生等,2013)。

##### (5) I-1-5 德林达伊—普吉—勿里洞钨锡铋成矿带

主要位于高黎贡—比劳山弧盆系内,由中国滇西的波密—腾冲一带,向南延伸至缅甸中部、泰国西部、马来半岛直至印度尼西亚锡岛,成矿带总长可达

表2 东南亚地区典型矿床  
Table 2 Typical deposits in Southeast Asia

矿床及编号	位置	金属组合	储量(资源量)	品位	围岩	蚀变	矿石矿物	矿体产状	成因类型	时代	所属成矿带
1. 缅甸莫蒂塘 镍矿床	缅甸西北部, 与印度毗邻。 N23°20' ~23°30' 27", E94°00' ~94°02'	Ni+Co	121b+122b+333, 60.71×10 <sup>4</sup> t	平均 1.44%	上盘围岩多为红 土和全风化蛇纹 岩,下盘围岩多为 淋滤蛇纹岩	胶蛇纹石等	蛇纹石、针铁矿、石 英,少量辉石、榍 石、闪石及铅尖晶石	似层状, 倾向 8°~26°,多数小 于10°	红土型镍矿	晚白垩-第 四纪	印缅山脉 铬镍成矿 带
2. 缅甸蒙育瓦 铜矿	缅甸中部, 曼德勒市 (Mandalay) 以西115km; 22°05' N, 95°05' E	Cu	2.13 亿 t	铜品位 0.26%, 边界品位 0.14%	勒固群砂岩和火 成角砾岩,安山岩	绿泥石化、镜铁矿化、 硅化、泥化、黄铁矿 化	硫磺铜+明矾+黄铁 矿; 蓝辉铜矿+辉铜 矿+铜蓝	角砾状矿脉, 均 为NE和NW走 向	斑岩型-浅成 低温高硫化 物型铜矿	中新世	西缅甸铜 成矿带
3. 印度尼西亚 (Batu Hijau) 铜金矿床	印度尼西亚松巴哇岛西南	Cu-Au	642 万 t	平均品位: Cu 0.61%, Au 0.55 × 10 <sup>-6</sup>	容围岩的岩石 类型较广,以安山 岩为主	钾化、青磐岩化带、黏 土化	主要有黄铜矿、斑铜 矿,含少量辉铜矿等 其他矿物	细脉-浸染状	斑岩型	全新世	苏门答腊 爪哇铜 金铂成矿 带
4. 缅甸达贡山 镍矿	缅甸北部曼德勒与尖塔、 北神邦二省交界附近。 23°33' ~96°10' N, 96°06' ~96°10' E	Ni+Co+ Cr+Fe	资源量 331+332+333+334, 3414.46×10 <sup>4</sup> t; 金质量 68.18×10 <sup>4</sup> t	Ni 平均品位2%	红土盖层、腐岩	褐铁矿化	铬铁矿、磁铁矿、铬 铁尖晶石、硬铁尖晶 石、黄铁矿、镍黄铁 矿	顺层	红土型镍矿	白垩纪-新 近纪	道茂-密 支那铬镍 成矿带
5. 泰国比劳克 钨锡矿	泰国北碧西北	W+Sn	2400t		石英系一三叠系 千枚岩片岩与白 垩纪中粗粒黑云 母及二云母花岗岩	高岭土化等	黑钨矿、锡石为主, 含少量黄铁矿、辉 钨矿、白钨矿	受两组裂隙控制 制近东西向者 以黑钨矿为主, 近南北向者锡 比钨多	锡石-黑钨矿 -石英脉型	白垩纪	德林达伊 -普里 -勿里洞 钨锡成矿 带
6. 缅甸包德温 铅锌矿	缅甸掸邦北部, 腊戍西北 60 km, 23.116° N 97.300° E	Pb+Zn+ Ag	储量: 铅 105 万 t, 锌 21.8 万 t,	平均品位: Pb 21%, Zn 15%, Ag 31.1 g/t	凝灰岩、集块岩、 流纹岩、砂砾岩	黄铜矿化、孔雀石化、 黄铁矿化	方铅矿、闪锌矿、 黄铜矿、黄铁矿、 斜方砷铁矿、辉 砷矿、辉钨矿等	北西向的剪切 断裂带中	VHMS	寒武纪	掸泰铅锌 成矿带
7. 老挝帕奔金矿 钾盐矿	老挝琅勃拉邦市北西约 30 km 处	Au	大型, 20 t	平均金品位为 6.28 g/t	灰岩、粉砂岩	硫酸盐化、菱铁矿化、 赤铁矿化、硅化	菱铁矿、磁铁矿、 赤铁矿, 以及自然金	脉状, 走向约 330°~355°倾向 南西, 倾向总体 在 40°~50°	石英脉型	晚三叠世	琅勃拉- 庄他武里 金铜成矿 带
8. 泰国呵叻盆地 钾盐矿	泰国东北部	KCl	资源量: 270 亿 t	光卤石含 K <sub>2</sub> O 5%~10%	粉砂岩、粉砂质 泥岩、泥质粉砂 岩和泥岩		光卤石、钾石岩	矿层埋藏浅且产 状平缓, 含矿层 倾角均小于 10°			万象-昆 嵩钾铝铜 成矿带
9. 老挝爬立山 铁矿	于老挝万象省塞宋文县西 北方位的南山村境内, 102°56' 28" N, 18°59' 22" W	Fe+Mo	铁矿石资源量 大于 2 亿 t	矿石平均品位: TFe 66.08%, mFe 42.33%	大理岩、火山碎 屑岩	石榴子石砂卡岩化、 透辉石砂卡岩化、阳 起石的卡岩及大理岩 化、角岩化、绿泥石 石化	赤(褐) 铁石、 磁铁矿	岩体与灰岩/大 理岩接触带中	砂卡岩型	晚石炭世	长山铜铁 成矿带
10. 越南石溪 铁矿	越南海防省石河县地形平 坦的海湾中	Fe+Cu+ Pb+Zn	铁矿储量为 5.5 亿 t	TFe 平均品位为 61.35%, 其中含 锌将近 0.07%	角岩、大理岩和 灰岩	砂卡岩化、大理岩化、 磁铁矿化、绿泥石化	高磁铁矿	岩体与灰岩/大 理岩接触带中	砂卡岩型	晚二叠世	长山铜铁 成矿带

续表2

矿床及编号	位置	金属组合	储量(资源量)	品位	围岩	蚀变	矿石矿物	矿体产状	成因类型	时代	所属成矿带
12. 老挝帕来通铁矿	老挝南部占巴塞省帕来通村一带, 地理坐标: 106°07' 02" E, 14°43' 04" N	Fe	铁矿石资源量约 1.5 亿 t	TFe 平均品位为 35% ~ 70%	玄武岩、流纹岩	褐铁矿化、磁铁矿化	磁铁矿、褐铁矿、赤铁矿	层状暴露于地表	火山喷(溢)发-沉积型铁矿	第四纪	长山铜铁钨锡铅锌金成矿带
13. 老挝色潘铜金矿	老挝中南部沙湾拿及省, 105°59' E, 16°58' N	Au+Cu (Pb+Zn+Ag+Mo+Bi)	金 360 万盎司、铜 196 万 t	金平均品位为 1.6 g/t, 铜 2%	花岗岩长斑岩	绢云母化、少量砂卡岩化(石榴子石砂卡岩化)、透辉石砂卡岩化、角闪化、孔雀石化、绿泥石化及大理岩化	黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿	细脉-浸染状, 接触带	斑岩型-砂卡岩型	晚二叠世	长山铜铁钨锡铅锌金成矿带
14. 老挝福康铜金矿	老挝万象省善宋文县西北方向, 102°55' 28" E, 18°55' 22" W	Cu+Au	铜矿石资源量约为 4×10 <sup>8</sup> t, 超大型	Cu 62%, Au 0.24 × 10 <sup>-6</sup> , 属超大型矿床	碳酸盐岩、火山碎屑岩、砂卡岩、斑岩	钾化、黑云母化、石英英闪白云母化、高岭土化、绿泥石化及硅化	黄铜矿、蓝铜矿、斑铜矿、硫砷铜矿及孔雀石	细脉-浸染状, 接触带	斑岩型-砂卡岩型-液型	晚二叠世	长山铜铁钨锡铅锌金成矿带
15. 越南辛归铜矿	越南老街省西北 25 km 巴刹县	Cu+Au+稀土+Ag+Fe	铜 > 100 万 t, 金 23t, 稀土 33 万 t, 银 25t, 磁铁矿 285 万 t	Cu 平均品位 1.03%, Au 品位 0.46 × 10 <sup>-6</sup> ~ 0.55 × 10 <sup>-6</sup> ; 稀土平均品位 0.63%	为一套元古宙深变质火山-沉积岩系(辛归组), 主要岩性为云母片岩、平岩、片麻岩及交代岩	钠长蚀变为特征, 局部发育钾质(Fe-K)蚀变	黄铜矿、磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿等	叶理呈条带状分布, 也有呈浸染状、脉状及块状产出	砂卡岩型	元古宙	长山铜铁钨锡铅锌金成矿带
16. 越南版福铜矿	越南山萝省塔布, 南东距河内 295 km	Ni-Cu-P GE	大型	Ni 6.4%(最高), Cu 7%, Co 1.6%(最高), 5.5%, Se 0.11%, Au 0.046%, Ag 0.27 g/t, Pt 1.5 g/t(最高), Pd 3.55 g/t(最高), Ir 1.33 g/t	科马提岩-玄武岩杂岩体	黄铜矿化、方铅矿化、闪锌矿化	磁黄铁矿、磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿	脉状铜矿体产于岩体外接触破碎带中	与地幔岩浆活动性有关-Ni-Cu-PGE 型	二叠纪-三叠纪	北加里曼丹-巴拉望铜镍金成矿带
17. 老挝 KTL 铜金矿床	老挝, 19.434° N 103.287° E	Cu+Au+Ag	矿石量, 9200 万 t	Cu 0.45%, Au 0.19 g/t, Ag 2.3 g/t	灰岩、火山岩、火山碎屑岩、钙质沉积岩	硅化、青磐岩化、黄铁矿-绢英岩化	黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、闪锌矿、辉钨矿、闪锌矿	细脉-浸染状接触带	斑岩-砂卡岩型	晚石炭世	长山铜铁钨锡铅锌金成矿带
18. 泰国普龙铜矿	泰国, 18.1997° N 102.143° E	Cu+Fe+Au	矿石量, 540 万 t	Cu 2.4%, Au 0.64 g/t	灰岩	砂卡岩化(石榴子石、辉石、硅灰石)、透闪石化、绿帘石化、绿泥石化、绢云母化、方解石化、方解石化、伊利石华、蒙脱石化	黄铜矿、磁铁矿、黄铁矿、斑铜矿、方铅矿、方解石	细脉-浸染状接触带	斑岩-砂卡岩型	晚三叠世	班邦琅勃-黎府铜金成矿带
19. 泰国 Chatree Au-Ag 矿	泰国, 16.2938° N 100.647° E	Au-Ag	矿石量, 8170 万 t	Au 1.18 g/t, Ag 9 g/t	碎屑岩、安山岩、角闪岩、火山沉积岩	硅化、泥化、方解石化、伊利石华、蒙脱石化	黄铁矿、磁铁矿、方铅矿、方解石	脉状	低温-浅成-低温热液型金矿	早二叠世-晚三叠世	班邦琅勃-黎府铜金成矿带
20. 印尼 Mantabe Au-Ag 矿	苏门答腊, 5225 S 99.0675° E	Au-Ag	矿石量, 19072 万 t	Au 1.31 g/t, Ag 12.5 g/t	玄武岩、凝灰岩、火山角砾岩	硅化、泥化、重晶石化、碳酸盐化、黄铁矿化	原生金、黄铁矿、辉钨矿、白铁矿等	脉状	高硫-浅成-低温热液型金矿	晚三叠世	吕宋-棉兰-老岛铜金成矿带

3800 km,为世界最长最主要的锡钨矿带(Schwartz et al., 1995)。成矿受东南亚西花岗岩带(早侏罗世—中新世)的控制,出露地层主要为石炭—二叠系。成矿主要与过铝质钙碱性花岗岩有关,发育接触带云英岩型和石英脉型钨锡矿、锡石—黑钨矿—云英岩(石英脉)型钨锡矿及第四系风化壳—冲积型锡矿。带内已知矿床(点)121处,主要大型钨锡矿床有腾冲小龙河大型锡矿、梁河来利山大型锡矿、如缅甸茂奇中型钨锡矿床、泰国普吉攀牙湾大型砂锡矿、泰国比洛克钨锡矿床(图2,表2)(施美凤等,2015)。

#### (6)I-1-6 掸泰铅锌银金锑铁成矿带

位于德林达伊—普吉—勿里洞成矿带之东侧,东以昌宁—孟连—清迈结合带为界,该结合带向南在泰国的南奔与达府之间地带与作为南北大陆分界的澜沧江—清莱—劳勿结合带交汇。该成矿带位于掸泰地块,出露元古宙昌马支群,晚寒武世开始进入稳定地块发展阶段,中生代其两侧局部地段发育前陆盆地,中间处于前陆隆起状态。主要发育稳定地台的碳酸盐岩热卤水改造型(MVT),典型矿床有缅甸包德温大型铅锌矿床(图2,表2)(Zaw et al. 2014)、热水沉积型(SEDEX)和岩浆期后热液型铅锌矿,火山岩黄铁矿型铅锌多金属矿,以及低温热液辉锑矿—石英脉型矿(施美凤等,2015)。

#### (7)I-1-7 清迈钨锡锰铜铅锌金铁铝成矿带

该成矿带构造上称临沧—景栋微陆块,也是清迈—北碧—那空是贪玛叻花岗岩带,夹持在昌宁—孟连—清迈—劳勿—文东对接带和澜沧江—清莱结合带之间,南端终止在泰国南奔以南,向北延可接北羌塘。主要发育伟晶岩型、块状云英岩型和石英脉型钨锡矿,也有浅成高温热液型(斑岩或矽卡岩型)钨锡矿;第四纪风化残余型锰矿。已知钨锡矿床(点)72处(施美凤等,2013),典型矿床为那空是贪玛叻大型锡矿。

#### 4.1.2 印支成矿省

印支成矿省包括琅南塔—庄他武里金锑铜成矿带、琅勃拉邦—大叻铜铅锌金锑铁铝钾盐成矿带、万象—昆嵩钾铝铜金铅锌成矿带、长山铜铁钨锡铅锌金成矿带,大地构造位置位于昌宁—孟连—劳勿—文东对接带与金沙江—哀牢山—马江结合带之间的印支板块。

#### (1)I-2-1 琅南塔—庄他武里金锑铜成矿带

构造上介于澜沧江—清莱结合带和景洪—难河—沙缴—贡布结合带之间,主体由二叠—三叠纪火山—沉积岩系构成,可分为东西两条火山弧带,在泰国北部中间夹一个中生代南邦盆地。西部为景洪—帕府—东马来西亚火山弧带,出露地层为下古生界、中—新生代火山—沉积岩系。成矿带成矿作用与该岩系中的构造裂隙有关,东部彭世洛中生代沉积盆地和琅勃拉邦—黎府—罗文真火山弧带。东部岩浆岩带以发育晚二叠世—三叠纪弧火山—侵入岩系为主;西部则为中、新生代陆相盆地沉积。主要发育岛弧—碰撞背景下形成的斑岩型铜(钼)矿、剪切带型金矿、高温热液型锡矿及低温热液型锑矿。该带已知的金、铜、锑矿床(点)60余处(朱华平等,2016)。

#### (2)I-2-2 琅勃拉邦—大叻铜铅锌金锑铁铝钾盐成矿带

该成矿带位于彭世洛中生代沉积盆地和琅勃拉邦—黎府—罗文真火山弧带。东部岩浆岩带以发育晚二叠世—三叠纪弧火山—侵入岩系为主;西部则为中生代陆相盆地沉积。琅勃拉邦—罗文真火山弧带发育造山型金矿、低温热液型金(银)矿、矽卡岩型铅锌矿、矽卡岩型±斑岩型铜金矿床;在彭世洛盆地发育沉积—变质型煤矿、蒸发沉积型钾盐及砂页岩型铜矿,典型矿床有帕奔金矿等(图2,表2)(施美凤等,2013)。

#### (3)I-2-3 万象—昆嵩钾铝铜金铅锌成矿带

包括万象—呵叻中生代盆地和昆嵩陆块,前者由三叠系、侏罗系、白垩系红色砂页岩和蒸发岩组成。后者出露太古宇、元古宇及多期次花岗质岩石、新近纪—第四纪玄武岩。其沉积演化与思茅—彭世洛中生代盆地相类似,万象—呵叻盆地主要发育蒸发沉积型钾盐矿,昆嵩陆块主要发育玄武岩风化残余型铝土矿、矽卡岩型+残余型铁矿、低温热液型金矿和砂金,以及砂页岩型铜矿。该成矿带钾盐主要出露在南北两个成盐盆地,南部为呵叻盆地,北部为沙空那空盆地。呵叻盆地内有邦内那隆、孔敬、暖颂及亚索顿等钾盐矿床,沙空那空盆地内有他曲、乌隆、廊开、哇仑农汉等钾盐矿床,钾盐总资源量为270亿t,居亚洲第一(林方成等,2010)。

#### (4)I-2-4 长山铜铁钨锡铅锌金成矿带

长山成矿带介于色潘—三岐结合带和马江结合



带之间,前后经历了陆块基底形成-陆缘弧-碰撞造山-陆内造山的构造演化。长山成矿带古生代和中生代岩浆活动强烈,形成了很多与岩浆活动有关的铜、铁、钨、锡、铅锌、金等矿产,主要发育斑岩-矽卡岩型铜金矿、矽卡岩型铁矿、岩浆热液型铅锌、低温热液型金银矿、高温热液型锡矿和砂锡矿,已知矿床(点)143处。铜金铁矿主要与印支-燕山期中酸性侵入岩浆活动有关,成矿时代主要为印支期,有斑岩型-矽卡岩型-岩浆热液型铜金矿,典型矿床有老挝色潘大型铜金矿床(图2,表2)(朱华平等,2016)、福康大型铜金矿床(图2,表2)(Kamvong et al., 2014);接触交代-岩浆热液型铁矿,典型矿床有老挝爬立山(图2,表2)(朱华平等,2014)、富诺安、帕莱通大型铁矿(图2,表2)(刘书生等,2014)、越南石溪超大型铁矿(图2,表2)(朱华平等,2016)和度禁、甘绿中型铁锰矿。铅锌矿主要分布在北部的桑怒带和大江弧后盆地,成矿为岩浆热液型,如义安省三礼中型铅锌矿、清化省东邹中型铅锌矿等,成矿时代不明。

#### 4.1.3 加里曼丹成矿省

##### (1)I-3-1 北加里曼丹-巴拉望铜铬镍金铝成矿带

位于加里曼丹岛的中-北部,中加里曼丹火山弧带。主要由中新世-上新世地层构成,为一套陆缘斜坡杂色砂泥质-灰质、凝灰质及火山角砾岩、砂岩含煤建造构成。岩浆岩时代第四纪、古近纪-新近纪均有活动,其中,古近纪火山活动最强烈,构成火山弧主体;第四纪侵入岩类最为强烈,属洋壳(同熔)型花岗岩组合,及蛇绿混杂岩,具有铬铁矿化。带内主要矿种为铬、金、铜、铅锌、铝矿;其次为钨、钼、锑、银等。铬、铜、铅锌等矿种主要矿床类型为熔离型、矽卡岩型、火山岩型、石英脉型,代表性矿床有G.Tvai小型熔离铬铁矿床,其他铜、铅锌为小型或矿化点;金等主要矿床类型有蚀变花岗岩型、火山岩型、石英脉型和砂金矿,代表性矿床有LUNDU等中型砂金矿等;铝矿为(火山)沉积型,多为小型矿床,如SEMATAN铝土矿等。成矿时代以新生代为主,次为三叠纪、侏罗-白垩纪(朱华平等,2016)。

##### (2)I-3-2 中加里曼丹金铜铅锌成矿带

位于中加里曼丹-巴拉火山弧南部的巽他陆块。地层出露较完整,由泥盆-三叠系和侏罗-白

垩系组成,为印支期褶皱基底。古近纪以来,为构造稳定区,由强烈变形的古近纪岩石组成;中生界侏罗系及白垩系最为发育,同时古近纪有花岗岩侵入及较为强烈变形和变质。新生界主要为陆相磨拉石建造和火山岩建造。带内以金、铜、铅锌成矿为主,矿床类型主要为浅成低温热液型金矿,如可里尼金矿;火山岩型、矽卡岩型(铜)铅锌矿,如散皮西铅-锌矿、拉牙山铜矿;红土型铝土矿,如艾尔卢帕斯铝土矿。成矿时代以中生代、新生代为主(林方成等,2010)。

##### (3)I-3-3 美拉土斯镍金成矿带

位于美拉土斯结合带,新近纪中中新世晚期,太平洋板块沿这一线与欧亚板块汇聚和碰撞,形成东加里曼丹蛇绿岩带。沿基纳巴卢山-塞萨亚普-巴塔坎一线分布的侏罗纪-中中新世蛇绿岩套和超基性-基性岩是加里曼丹东蛇绿岩带的组成部分,影响并控制着东加里曼丹成矿带镍、金矿的形成,其时代为喜马拉雅期。矿床类型以红土型镍矿床为主,次为铜矿。有大型红土型镍矿床3个(库库桑矿床,普劳塞布库矿床,塔瓦伊矿床),大型斑岩型铜金矿床——马穆特铜金矿。

## 4.2 环太平洋成矿域

### 4.2.1 扬子成矿省

扬子成矿省包含了红河铁铜铬镍金铅锌锑成矿带和扬子陆块东南缘锡钨铝锰铁锑金铅锌成矿带。大地构造位置位于金沙江-哀牢山-马江结合带以北。

##### (1)II-1-1 红河铁铜铬镍金铅锌锑成矿带

位于红河基底逆冲推覆构造带;出露地层主要为中、古元古界火山-沉积变质岩系,并伴大量中酸性、基性超基性岩浆侵入。主要发育海底火山沉积-变质改造型铁、铜矿床,沉积变质-热液改造型铜金稀土矿和风化残余型铁矿。成矿时代为古-中元古代(朱华平等,2016)。

##### (2)II-1-2 扬子陆块东南缘锡钨铝锰铁锑金铅锌成矿带

位于扬子陆块东南缘右江裂谷盆地;铁、锰主要受控于泥盆系和中三叠统;锡、钨等多金属则与燕山期花岗岩关系密切。该成矿带内已知矿床较多,主要矿种有锡钨、铝土矿、铁锰、铜、锑、金、铅锌。主要成矿类型有岩浆热液型钨、锡、铅、锌、银

等矿床矿,典型矿床有越南禄平中型铅锌铜矿等,成矿时期主要为燕山期(Shi et al., 2015);低温热液型金锑矿,典型矿床有越南谅山省纳排大型金矿,北太省佐亚中型锑矿等;海相沉积型锰矿,受控于泥盆纪地层,典型矿床有高平广渊中型海相沉积变质型锰矿;岩溶沉积型铝土矿,多为次生沉积改造型,赋存于岩溶洼地的红土层中,矿床规模大、矿石质量优,典型矿床越南塔坡纳中型铝土矿等(林方成等, 2010)。

#### 4.2.2 吕宋—苏拉威西成矿省

吕宋—苏拉威西成矿省主要由吕宋—棉兰老岛铜金镍铬铁成矿带、万鸦老—乌戎潘当金铜成矿带、苏拉威西镍成矿带、马鲁古—查亚普拉镍铜成矿带构成(朱华平等, 2016)。

##### (1)II-2-1 吕宋—棉兰老岛铜金镍铬铁成矿带

位于吕宋岛、棉兰老岛等俯冲—火山岛弧及结合带内;地层主要为白垩纪以来的沉积岩和火山—沉积岩系;岩浆岩则主要为新生代弧火山—侵入岩系及蛇绿岩带就位的基性—超基性岩系。矿床主要类型有斑岩型及火山岩型金、铜矿,如吕宋岛碧瑶 Sto. Tomas II 大型金铜矿、宿务岛的Atlas大型铜矿、内格罗斯岛 Sipalay 大型铜矿等;另有岩浆型铬铁矿与超基性岩和蛇绿岩套有关,如吕宋岛三描礼士省 Coto 铬铁矿。成矿时代主要为新生代(侯增谦等, 2008)。

##### (2)II-2-2 万鸦老—乌戎潘当金铜成矿带

位于苏拉威西—民都洛岛岛带。出露最老地层为上白垩统,古近系及新近系沉积岩及火山岩发育。第四纪仍有火山活动。岩浆岩由典型的古近—新近纪岛弧火山岩、侵入岩和沉积岩组成。铜—金矿化与石英闪长斑岩、正长斑岩等高位侵入岩及火山—次火山作用有关。成矿类型主要为斑岩型铜金矿和浅成低温热液型金矿,其中大型矿床有梅塞尔矿床和托姆布利拉托矿床,中型矿床有 Baganiti 矿床、帕尼山矿床、北 Lanut 矿床、Tapadaa 矿床、卡班吉里矿床。成矿时代均为新生代(侯增谦等, 2008)。

##### (3)II-2-3 苏拉威西镍成矿带

位于苏拉威西—民都洛岛岛弧带之苏拉威西岛基性—超基性岩带;蛇绿岩套为东苏拉威西镍矿带的物质来源。索罗阿科镍矿和帕马拉镍矿都属洋壳下部成分。上新世的上升运动伴随强烈的风化作用,超镁铁岩经风化淋滤,富集成红土镍矿。

矿床类型为岩浆型原生镍矿及红土型次生镍矿,且以后者为主;超大型矿床有索罗阿科镍矿床,大型矿床有波马拉镍矿床、巴候杜丕镍矿床等。成矿时代为新生代(郭远生等, 2013)。

##### (4)II-2-4 马鲁古—查亚普拉镍铜成矿带

位于吕宋—北新几内亚岛带;马鲁古成矿带位于哈马黑拉火山弧上,与菲律宾海板块俯冲体系有关的岩浆弧和俯冲混杂岩带分别由哈马黑拉岛的西半部及东半部组成。该成矿带的铜成矿主要受具有埃达克岩性质的浅成侵入斑岩体控制,镍成矿则受蛇绿岩套中的超镁铁质岩控制;矿床类型有红土型镍矿、斑岩型金铜矿。超大型镍矿床有盖格岛矿床,韦达湾矿床和吉岛矿床大型镍矿床,斑岩型金铜矿床有 Gosowong 床等。成矿时代为新生代(朱化平等, 2016)。

## 4.3 印度—澳大利亚成矿域

### 4.3.1 新几内亚成矿省

#### (1)III-1-1 南新几内亚铜金铅锌成矿带

位于新几内亚陆块;构造背景为新几内亚岛成矿带属弧—陆碰撞成因的新生代巨型造山带。岩浆岩以新生代超基性—基性岩和埃达克质中酸性岩浆侵入岩和喷发岩广布。该成矿带矿床类型主要与岩浆岩有关,主要类型为斑岩型铜金矿床(李文光等, 2014a),如格拉斯贝格铜矿;矽卡岩型铜矿,如与斑岩型矿床相关的格拉斯贝格、奥克太迪矽卡岩型铜矿(信迪等, 2014);其次还可见低温热液型金矿,如波拉格金矿(李文光等, 2014b),这类矿床主要是在碰撞的后期阶段,地壳发生伸展、拆离、走滑作用时形成的。这些类型成矿时代主要为新生代(姚仲友等, 2014)。

## 5 讨 论

### 5.1 主要构造事件

东南亚地区特提斯成矿域主要构造事件可以概括为冈瓦纳大陆的裂解以及欧亚大陆的增生,导致形成一个由多陆块、多洋盆和多岛弧相间排布而成的大洋体系(李文昌等, 2010)。环太平洋成矿域与印度—澳大利亚成矿域主要构造事件为太平洋俯冲及其板块汇聚作用。

#### 5.1.1 原特提斯旋回

原特提斯洋的形成起始于新元古代泛大陆的

解体(李兴振等,2002),闭合于早古生代末,原特提斯金沙江—哀牢山—马江—华南洋、色潘—三岐洋、公河洋闭合,印支板块、扬子陆块等拼贴为一体,发生基性—超基性、中性、酸性岩浆活动(Shi et al., 2015)。其中,华南洋向南东(相对于现今的方位)俯冲,形成了宣光—灵山岩浆岩带;古色潘—三岐洋向南俯冲形成昆嵩深成岩浆弧、向北俯冲形成甘蒙—顺化火山弧;古马江洋向南俯冲形成福华特岩浆弧;古澜沧江洋向西俯冲形成了澜沧群岛弧火山岩(邓军等,2013)。

### 5.1.2 古特提斯旋回

早—中泥盆世(390~370 Ma),古特提斯洋开启,昌宁—孟连—文冬—劳勿与哀牢山—马江洋盆几乎同时打开,保山—掸泰陆块、东达山—临沧陆块与亲华南的昌都—思茅陆块、帕府—庄他武里陆块和昆嵩—长山陆块呈群岛散布在古特提斯洋之中(邓军等,2012)。在晚石炭世(300~290 Ma),昌宁—孟连—文冬—劳勿洋盆与哀牢山—马江洋盆分别开始向东与向西消减(图3a),同时难河—程逸弧后盆地开始开启(图3a),哀牢山—斯雷博洋于二叠纪向西俯冲(Zaw et al., 2014)。中晚三叠世(235~200 Ma),昌宁—孟连—文冬—劳勿与哀牢山—马江洋盆闭合(图3b, c),晚三叠世沉积不整合在下伏地层之上。保山—掸泰陆块、东达山—临沧陆块与亲华南的昌都—思茅陆块、帕府—庄他武里陆块和昆嵩—长山陆块及华南板块相互碰撞拼接在一起,形成了晚三叠世碰撞型岩浆岩,包括同碰撞清孔—塔克—庄他武理—东马来西亚巨型岩浆岩带,形成墨江—黎府—罗文真同碰撞—后碰撞岩浆岩带及景洪—帕府—庄他武里后碰撞“双峰式”火山岩,共同构成欧亚大陆南缘的一部分(林方成等,2010)。

### 5.1.3 中特提斯旋回

晚石炭世(300~290 Ma),古特提斯洋开始消减伊始,中特提斯洋(怒江—碧土—抹谷洋)同时开启;在中晚三叠世(235~200 Ma),古特提斯洋闭合,中特提斯洋(怒江—碧土—抹谷洋)开始俯冲,于早白垩世(约120 Ma)闭合(邓军等,2014)。随后进入碰撞造山阶段,腾冲—毛淡棉微陆块向东逆冲推覆,在其前缘保山—掸泰陆块西部形成六库—勐嘎及格劳—桑卡拉武里中生代(J-K)前陆拗陷带,在前陆冲断带及其后缘发育了大量壳熔花岗岩,形成本区

著名的腾冲—墨吉锡矿带(朱华平等,2016)。

### 5.1.4 新特提斯旋回

新特提斯洋(印度河—雅鲁藏布江洋)在中三叠世(约230 Ma)开启,拉萨地块从澳大利亚大陆西北缘漂移出来,中侏罗—古新世向北俯冲,形成了早白垩世(128~120 Ma)俯冲型蛇绿岩与晚白垩世(95~80 Ma)冈底斯岩基。在古近纪洋盆关闭,印度大陆与欧亚大陆拼合(邓军等,2011)。

印度—欧亚陆陆碰撞—持续汇聚,导致微地块在原有的特提斯造山作用基础上进一步加厚,且由于遭受强烈的挤压作用而发生大规模逆冲推覆、走滑断裂(侯增谦等,2008)。

## 5.2 构造演化与成矿

东南亚特提斯成矿域主体经历了原—古—中—新特提斯洋的洋盆开启、洋—陆俯冲、陆—陆俯冲、碰撞造山、伸展—走滑的多期次转变。在特提斯构造演化的多期转换过程中,巨量金属成矿物质在一定的转换时期内的特定空间部位发生聚集,形成了复杂多样的金属成矿系统。本文以原—古—中—新特提斯旋回划分为不同的成矿系统(侯增谦等,2008, 李文昌等,2010, 邓军等,2016)。

### 5.2.1 原特提斯成矿系统

承接于罗迪尼亚(Rodinia)超大陆的解体,以昌宁—孟连—劳勿—文冬洋为代表的原特提斯洋经历约400 Ma的扩张发展至志留纪开始俯冲。受原特提斯洋的扩张控制的矿产主要有马江结合带(图1)的与超镁铁质岩有关的铬、镍矿。受原特提斯洋俯冲制约,在掸邦北部、莱州—清化和长山成矿带发育岩浆岩弧,并且形成以包德温块状硫化物大型铅锌银矿床为代表的与原特提斯洋俯冲有关的金、铅、银、锑矿(林方成等,2010; Zaw et al., 2014)。

### 5.2.2 古特提斯成矿系统

早石炭世—早二叠世,是东南亚古特提斯多岛弧盆系构造格局演化、弧后或弧间盆地及岛弧边缘海盆地扩张的主体期,伴随着特提斯洋壳和弧后盆地的扩张,形成了与沟弧盆系有关的矿产。与俯冲杂岩与海沟有关的矿产主要是难河—程逸结合带与超镁铁质岩有关的铬、镍、铁矿及柬埔寨西部边布罗附近的铬铁矿点;泰国南部北大年以南相当于文冬—劳勿结合带位置的铬铁矿点(朱华平等,2016)。

早二叠世—三叠纪,是洋盆、弧后或弧间洋盆

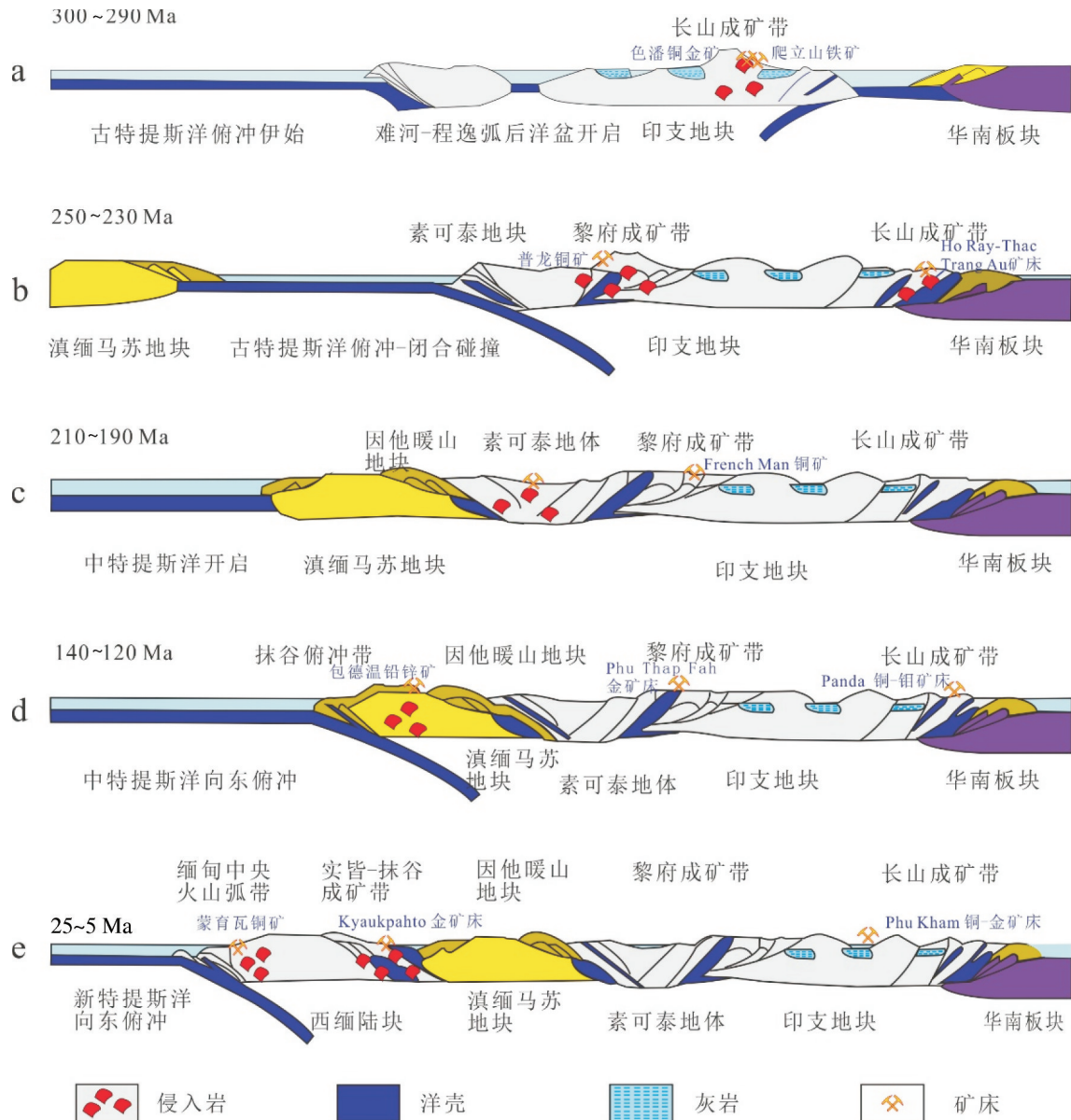


图3 东南亚特提斯构造演化与成矿图(据Zaw et al., 2014 修改)

Fig.3 Tectonic evolution and metallogeny of Southeast Asia(after Zaw et al., 2014)

及岛弧边缘海盆地俯冲消减、弧-弧或弧-陆碰撞造山的重要时期,尤其是三叠纪多种构造环境下发育的众多类型的矿床(点),构成了东南亚特提斯演化过程古特提斯成矿系统的主体。其中古特提斯成矿系统中与俯冲有关的岩浆热液矿床主要是指分别在色潘—三岐洋、马江洋、奠边府—黎府洋及难河—程逸弧后洋俯冲形成的岩浆弧带上发育相关的弧岩浆-热液多金属成矿作用,形成南长山晚石炭世—早二叠世铜金铁多金属成矿系统、北长山早二叠世—早三叠世铜金铁多金属成矿系统、墨江—黎

府中二叠世—早三叠世铜钼金多金属成矿系统和景洪—素可泰晚二叠—早三叠世Cu—Mo—Au多金属成矿系统。相应的矿床组合主要为斑岩型Cu(-Mo—Au)矿床、斑岩-矽卡岩型Cu—Au(-Mo)矿床、矽卡岩型Fe矿床、矽卡岩型Sn矿床及浅成热液型Au(Ag)矿床等(侯增谦等,2008)。这些矿床在活动大陆边缘的岛弧或陆弧地带形成的,常沿岛弧、陆缘弧走向呈长条状分布。位于长山成矿带的爬立山矽卡岩型Fe矿床,与矽卡岩有关的岩体锆石SHRIMP U—Pb年龄(280.3±2.9)Ma,色潘斑岩型

Cu-Au(-Mo)矿床的斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄 (290±5) Ma (Cromie et al., 2006), 富开矽卡岩-斑岩型 Cu-Au 矿及附近浅成低温热液型 Au 矿床的相关岩体的锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄 310~270 Ma (Manaka et al., 2014) 等。前人研究结果表明, 这些矿床主要受钙碱性火山-侵入岩浆活动控制, 形成于活动陆缘(岛)弧构造背景(朱华平等, 2016), 是晚石炭世色潘-三岐洋北向俯冲碰撞和晚石炭-早二叠世马江洋南向俯冲背景下叠置的弧岩浆-成矿作用的产物(图 3a)。晚三叠世古特提斯洋盆的闭合伴随着大规模俯冲消减, 黎府洋向西俯冲形成了墨江-黎府-罗文真岩浆弧, 发育有大型斑岩-矽卡岩型普龙铜矿(230 Ma, 未发表数据)及中型普欣、普桐达埃斑岩铜矿。

在古特提斯时期的稳定地块内部发育有岩浆熔离型铜镍硫化物矿床, 如越北地块发育的斑福大型铜镍矿、塔布中型铜镍矿、小型修农铜镍矿, 及受控于基性超基性岩的硫化铜镍矿和受控于基性超基性与泥盆系碳酸盐岩接触带的岩浆期后铁矿, 有高平省慕萨、原平、高平、东溪和北太省银山、槟榔寨 6 个中型铁矿(朱华平等, 2016)。

### 5.2.3 中特提斯成矿系统

早白垩世开始, 中特提斯洋(怒江-掸邦洋)开始向东俯冲, 在掸邦地块均有岩浆岩响应, 形成与之密切相关各类矿床。包括泰国西部帕达恩大型铅锌矿、松多中型铅锌矿和缅甸洛景中型铅锌矿为代表的矽卡岩/岩浆热液型矿床(侯增谦等, 2008)。

中特提斯晚期, 由于中特提斯洋闭合-碰撞, 地壳缩短和深熔作用, 造成在沿汇聚边缘板块靠近大陆一侧形成中特提斯成矿系统最具有代表性的东南亚 W-Sn 成矿带, 在东南亚范围内, 该带北起缅甸东部, 向南经泰国进入马来西亚, 止于印尼的邦加勿里洞岛, 长约 3800 km, 宽约 800 km, 是世界上锡资源最丰富, 产锡量最大的成矿带。代表大型矿床有泰国的比劳克钨锡矿和比劳砂钨锡矿, 塔萨卡日-班沙潘、拉萨和普吉锡矿。该成矿带与中特提斯的俯冲-碰撞汇聚作用引发的岩浆热液活动有关。同时东南亚浅成低温 Sb-Au 成矿带空间上与锡多金属成矿带重叠, 从泰国西北部到印尼, 沿此北西-南东方向上, 成矿时代逐渐变小, 成矿组合从 Sb-W 变化至 Sb-Au。典型矿床有泰国的 Mae Thae、Huai

Nai Khao 等中低温 Sb-Au 矿床。中特提斯洋盆残留蛇绿岩成矿比较少, 目前在东南亚发现的有缅甸掸邦结合带附件的太公当红土型镍矿, 伴有铬铁矿。

中特提斯成矿系统同时发育与思茅-彭世洛盆地和万象-呵叻盆地两个大型陆内沉积盆地演化有关的成矿作用。两个大型陆内沉积盆地的前身均为前陆盆地, 在中特提斯时期转换为陆内伸展盆地。思茅-彭世洛盆地发育为砂页岩型 Cu(-U) 矿床、Pb-Zn (-Au-Ag) 多金属矿床, 典型矿床为如丰沙里约乌县拾家寨铜、铅锌矿, 江城岩脚铅锌矿; 万象-呵叻盆地主要为蒸发盐类(钾石盐、光卤石、盐岩、石膏等)矿床的赋矿地层, 矿床成因为海源陆生的同生沉积成矿, 盐层产于马哈沙拉堪组-班塔组中, 如万象平原钾盐矿床。

### 5.2.4 新特提斯成矿系统

新特提斯洋于中三叠世开启, 晚白垩纪至古近纪其向东俯冲, 在掸邦地块有岩浆岩响应, 形成与之密切关系的各类矿床。古近纪新特提斯洋关闭(约 55 Ma), 印度大陆与欧亚大陆拼合, 进入陆陆碰撞造山阶段。陆陆碰撞造山过程又可以分为挤压褶皱期(>45 Ma)、拆沉伸展期(45~32 Ma)和挤压走滑期(<31 Ma)(侯增谦等, 2008)。

通过上述得知东南亚 W-Sn 成矿带与中特提斯洋闭合-碰撞造成地壳缩短和深熔作用有关, 但是这些 W-Sn 典型矿床的形成也处于新特提斯洋向东俯冲背景之下, 因此也有学者提出含锡花岗岩为新特提斯洋壳俯冲至掸邦地块之下, 洋壳脱水交代地幔形成岩浆, 同时板片回撤使弧后产生拉张环境致岩浆上涌, 并最终导致中下地壳部分熔融的结果。

在陆陆碰撞阶段, 加厚新生下地壳或拆沉的古老下地壳熔融产生岩浆, 在构造有利部位形成斑岩铜矿床。东南亚特提斯成矿域中与碰撞有关的斑岩铜矿形成主要集中在中中新世, 为斑岩铜矿形成的高峰期, 主要典型矿床有缅甸蒙育瓦铜矿、马来西亚 Mengpur 铜矿和印度尼西亚苏门答腊岛上的 Tangse 铜矿。

在碰撞造山过程中, 挤压背景下, 碰撞结合带两侧受大型逆冲断裂系改造, 同时伴有大型剪切带发育, 促进流体循环并沟通深浅矿源层, 形成了琅勃琅勃-黎府造山型金矿带、缅甸中央岛弧造山型

带和西马来西亚—苏门答腊岩浆弧的浅成低温热液型金矿。琅勃琅勃—黎府造山型金矿带代表型矿床为帕奔金矿,缅甸中央岛弧造山型金矿典型矿床为Modi-Taung金矿床,浅成低温热液型金矿典型金矿有Miwah金矿, Martabe金矿和Ojolali金矿(侯增谦等,2008,朱华平等,2016)。

## 6 结 论

东南亚地区位于全球特提斯成矿域、环太平洋成矿域与印度—澳大利亚成矿域的交汇地带,构造演化复杂且独特。本文在近几年东南亚工作的基础上,结合前人的研究成果,提出将东南亚地区划分为6个一级构造单元、32个二级构造单元和57个三级构造单元及3个一级成矿域、6个二级成矿省和21个三级成矿带的方案是初步的,在以后的工作中还需要不断修订和完善。每个构造带和成矿带的延伸特征及其形成和演化过程,还需要依据新的地质矿产资料和高精度数据不断修改完善。

## References

- Advokaat E L, Hall R, White L T, Watkinson Ian M, Rudyawan A, BouDagher-Fadel, Marcelle K. 2017. Miocene to recent extension in NW Sulawesi, Indonesia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 147.
- Aldiss D T, Ghazali S A. 1984. The regional geology and evolution of the Toba volcano-tectonic depression, Indonesia [J]. *Journal of the Geological Society*, 141(3): 487-500.
- Barley M E, Pickard A L, Zaw K, Rak P, Doyle M G. 2003. Jurassic to Miocene magmatism and metamorphism in the Mogok metamorphic belt and the India-Eurasia collision in Myanmar [J]. *Tectonics*, 22(3): 4.
- Blanchard S, Rossignol C, Bourquin S, Dabard M P, Hallot E, Nalpas T. 2013. Late Triassic volcanic activity in South-East Asia: New stratigraphical, geochronological and paleontological evidence from the Luang Prabang Basin (Laos) [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 71(1): 8-26.
- Breitfeld H T, Hall R, Galin T, Forster M A, Boudagher-Fadel M K. 2016. A Triassic to Cretaceous Sundaland-Pacific subduction margin in West Sarawak, Borneo [J]. *Tectonophysics*, 694: 35-56.
- Cai Wenjie, Zhu Guanghui, Jiang Ye, Yang Songling, Li Aishan. 2012. Petroleum geologic characteristics and exploration potential of accretionary wedge in Myanmar [J]. *Natural Gas Geoscience*, 23(4): 742-747 (in Chinese with English abstract).
- Chambers J L C, Daley T. 1995. A tectonic model for the onshore Kutai Basin, East Kalimantan, based on an integrated geological and geophysical interpretation [J]. *Search and Discovery*.
- Charlton T R, Hall R, Partoyo E. 1991. The geology and tectonic evolution of Waigeo Island, NE Indonesia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 6(3/4): 289-297.
- Charusiri P, Pongsapich W, Sutthirat C. 1996. Petrochemistry of probable gem-bearing basalts in Sop Prap-Ko Kha Area, Changwat Lampang [R]. Research report.
- Charusiri P. 2002. Geotectonic evolution of Thailand: A new synthesis [J]. *J. Geol. Soc. Thai*, 1.
- Chen Yongqing, Huang Jingning, Zhai Xiaoming, Lu Yingxiang, Cheng Zhizhong, Li Jianrong. 2009. Zircon U-Pb age and geochemistry of granitoids within Jinla Pb-Zn-Ag polymetallic ore field across China and Myanmar [J]. *Earth Science Frontiers*, 16(1): 344-362 (in Chinese with English abstract).
- Chen Yongqing, Liu Junlai, Feng Qinglai. 2010. Geology and Ore Deposits Associated with Granites in Indo-China Peninsula of Southeastern Asia [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1-213 (in Chinese).
- Cottam M A, Hall R, Ghani A A. 2013. Late Cretaceous and Cenozoic tectonics of the Malay Peninsula constrained by thermochronology [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 76(20): 241-257.
- Cromie P W, Zaw K, Smith S., 2006. The Sepon sedimentary-rock hosted gold deposit. Laos: Gold-ore paragenesis and geochemical investigation [C]. SEG Conference, 14-16. May, 2006, Denver.
- Deng J, Wang Q F, Li G J, Hou Z Q, Jiang C Z, Danyushevsky L. 2015a. Geology and genesis of the giant Beiya porphyry-skarn gold deposit, northwestern Yangtze Block [J]. *Ore Geology Reviews*, 70: 457-485.
- Deng J, Wang Q F, Li G J, Li C S, Wang C M. 2014a. Tethys tectonic evolution and its bearing on the distribution of important mineral deposits in the Sanjiang region, SW China [J]. *Gondwana Research*, 26(2): 419-437.
- Deng J, Wang Q F, Li G J, Santosh M. 2014b. Cenozoic tectono-magmatic and metallogenic processes in the Sanjiang region, southwestern China [J]. *Earth-Science Reviews*, 138: 268-299.
- Deng J, Wang Q F, Li G J, Zhao Y. 2015b. Structural control and genesis of the Oligocene Zhenyuan orogenic gold deposit, SW China [J]. *Ore Geology Reviews*, 65: 42-54.
- Deng J, Wang Q F, Li G J. 2017. Tectonic evolution, superimposed orogeny, and composite metallogenic system in China [J]. *Gondwana Research*, 50: 216-266.
- Deng J, Wang Q F. 2016. Gold mineralization in China: Metallogenic provinces, deposit types and tectonic framework [J]. *Gondwana Research*, 36: 219-274.
- Deng Jun, Ge liangsheng, Yang Liqiang. 2013. Tectonic dynamic system and compound orogeny: Additionally discussing the temporalspatial evolution of Sanjiang orogeny, Southwest China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 29(4): 1099-1114 (in Chinese with English abstract).
- Deng Jun, Li Wenchang, Mo Xuanxue, et al. 2016. Multiple orogenic

- and metallogenesis of the Sanjiang Tethys[M]. Science Press: 1–622(in Chinese).
- Deng Jun, Wang Changming, Li Gongjian. 2012. Style and process of the superimposed mineralization in the Sanjiang Tethys[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 28(5):1349–1361(in Chinese with English abstract).
- Deng Jun, Yang Liqiang, Wang Changming. 2011. Research advances of superimposed orogenesis and metallogenesis in the Sanjiang Tethys[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 27(9): 2501–2509(in Chinese with English abstract).
- Feng Qinglai, Shen Shangyue, Liu Benpei, Helmcke D, Qian Xiangui, Zhang Weiming. 2002. Study on radiolaria, siliceous rocks and basalts in the Daxinshan Formation in the Lancangjiang structural belt, southwestern Yunnan [J]. *Science in China (Series D)*, 32(3): 220–226 (in Chinese).
- Feng Qinglai, Yang Wenqiang, Shen Shangyue, Chongpan Chonglakmani, Kitsana Malila. 2008. Seamount stratigraphic sequence and its tectonic and paleo–geographical significance, Chiang Mai, northern Thailand [J]. *Science in China (Series D)*, 38(11): 1354–1360 (in Chinese).
- Gabo J A S, Dimalanta C B, Asio M G S, Queaño K L, Jr G P Y, Imai A. 2009. Geology and geochemistry of the clastic sequences from Northwestern Panay (Philippines): Implications for provenance and geotectonic setting [J]. *Tectonophysics*, 479(1): 111–119.
- Guo Yuansheng, Luo Yufu, Cui Yingliang et al. 2013. Geology and exploration of laterite–type nickel deposits in China and Southeast Asia[M]. Beijing: Geological Publishing House, 64–76 (in Chinese).
- Hall R, Ali J R, Anderson C D, Baker S J. 1995. Origin and motion history of the Philippine Sea Plate [J]. *Tectonophysics*, 251(1–4): 229–250.
- Hall R, Hattum M W A V, Spakman W. 2008. Impact of India–Asia collision on SE Asia: The record in Borneo [J]. *Tectonophysics*, 451(1): 366–389.
- Hall R, Morley C K. 2004. Sundaland Basins [J]. Washington Dc American Geophysical Union Geophysical Monograph, 149: 55–85.
- Hall R, Spakman W. 2015. Mantle structure and tectonic history of SE Asia [J]. *Tectonophysics*, 658: 14–45.
- Hall R, Wilson M E J. 2000. Neogene sutures in eastern Indonesia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18(6): 781–808.
- Hall R. 1997. Cenozoic plate tectonic reconstructions of SE Asia [J]. *Petroleum Geology of Southeast Asia*, 126(1): 11–23.
- Hall R. 1998. The plate tectonics of Cenozoic SE Asia and the distribution of land and sea [J]. *Biogeography & Geological Evolution of Se Asia*, 99–132.
- Hall R. 2002. Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer–based reconstructions, model and animations [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 20(4): 353–431.
- Hall R. 2011. Australia–SE Asia collision: plate tectonics and crustal flow [J]. *Geological Society London Special Publications*, 355(1): 75–109.
- Hall R. 2011. Cenozoic reconstructions of SE Asia and the SW Pacific: Changing patterns of land and sea [M]. Marx, method, and the division of labor, University of Illinois Press: 1492–1495.
- Hall R. 2012. Late Jurassic–Cenozoic reconstructions of the Indonesian region and the Indian Ocean [J]. *Tectonophysics*, 570–571(11): 1–41.
- Hall R. 2016. Southeast Asia: New Views of the Geology of the Malay Archipelago [J]. *Annual Review of Earth & Planetary Sciences*, 45(1).
- Harbury N A, Jones M E, Audley–Charles M G, Metcalfe I, Mohamed K R. 1990. Structural evolution of Mesozoic Peninsular Malaysia [J]. *Journal of the Geological Society*, 147(1): 11–26.
- Hennig J, Breitfeld H T, Hall R, Nugraha A M S. 2017. The Mesozoic tectono–magmatic evolution at the Paleo–Pacific subduction zone in West Borneo [J]. *Gondwana Research*, 48: 292–310.
- Hennig J, Hall R, Armstrong R A. 2016. U–Pb zircon geochronology of rocks from west Central Sulawesi, Indonesia: Extension–related metamorphism and magmatism during the early stages of mountain building [J]. *Gondwana Research*, 32: 41–63.
- Hollings P, Cooke D R, Waters P J, Cousens B. 2011. Igneous geochemistry of mineralized rocks of the baguio district, philippines: implications for tectonic evolution and the genesis of porphyry–style mineralization[J]. *Economic Geology*, 106(8): 1317–1333.
- Hou Zengqian, Wang Erchie, Mo Xuanxue, et al. 2007. Collisional orogeny and metallogenesis of the Tibetan plateau[M]. Beijing: Geological Publishing House, 789–963(in Chinese).
- Idrus A, Kolb J, Meyer F M. 2007. Chemical Composition of Rock–Forming Minerals in Copper –Gold–Bearing Tonalite Porphyries at the Batu Hijau Deposit, Sumbawa Island, Indonesia: Implications for Crystallization Conditions and Fluorine –Chlorine Fugacity[J]. *Resource Geology*, 57(2), 102–113.
- Kamvong T, Zaw K, Meffre S, Maas R., Stein H, Lai CK. 2014. Adakites in the Truong Son and Loei fold belts, Thailand and Laos: genesis and implications for geodynamics and metallogeny[J]. *Gondwana Research*, 26, 165–184.
- Kamvong T, Zaw K. 2009. The origin and evolution of skarn–forming fluids from the Phu Lon deposit, northern Loei Fold Belt, Thailand. Evidence from fluid inclusion and sulfur isotope studies [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34: 624–633.
- Kamvong T. 2006. Geology and genesis of porphyry–skarn Cu–Au deposits at the northern Loei Fold Belt, northeast Thailand and Laos – a progress report, Progress Report 5, Geochronology, metallogenesis and deposit styles of Loei Foldbelt in Thailand and Laos PDR, ARC Linkage Project.
- Kamvong T., 2007, Geology and genesis of porphyry–skarn Cu–Au deposits at the northern Loei Fold Belt, northeast Thailand and Laos Final Report, Geochronology, metallogenesis and deposit styles of Loei Foldbelt in Thailand and Laos PDR, ARC Linkage Project.

- Katili J A. 1989. Review of past and present geotectonic concepts of eastern Indonesia [J]. *Netherlands Journal of Sea Research*, 24(2): 103–129.
- Le Van De, 1997. Outline of plate–tectonic evolution of continental crust of Vietnam [C]//Dheeradilok P(eds.). *Proceedings of the International Conferences on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific*.
- Li Wenguang, Fu Caoyi, Yao Zhongyou, Xin Di, Ge Zhiliang, Song Xuexin, Wang Tiangang. 2014a. Tectonic settings, genetic types and main metallogenic features of copper–gold deposits in Papua New Guinea[J]. *Geological Bulletin of China*, 32(2/3): 270–282(in Chinese with English abstract).
- Li Wenguang, Wang Tiangang, Yao Zhongjun, Li Hongjun, Zhu Yiping. 2014b. Ore–controlling factors and exploration indicators of alkaline magmatism related epithermal gold deposits: A case study of the Porgera gold deposit in Papua New Guinea[J]. *Geological Bulletin of China*, 33(2/3): 308–317(in Chinese with English abstract).
- Li Wenchang, Pan Guitang, Hou Zengqian, et al. 2010. Archipelagic Arc–basin System, Metallogenic Model for Collision Orogeny and Geotechnical exploration in the Sanjiang Region, SW China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–491(in Chinese).
- Li Xingzhen, Jiang Xinsheng, Sun Zhiming, Shen Ganfu, Du Dexun. 2002. Collision orogenic process in Sanjiang area, Southwest China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–213 (in Chinese).
- Li Xingzhen, Liu Chaoji, Ding Jun. 2004. Correlation and connection of the main suture zones in the Greater Mekong Subregion [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 24(4): 1–12 (in Chinese with English abstract).
- Li Xinren, Zhou Xilin, Yan Chengmin, Wang Changbing, Li Yubing. 2017. Division and characteristics of the geotectonic units of Myanmar [J]. *Geology and Resources*, 26(1): 99–104 (in Chinese with English abstract).
- Lin Fangcheng; Shi Meifeng, Li Xingzhen, et al. 2010. Geological Background and Metallogenic Regularities of the Sanjiang – Mekong Metallogenic Belt [R]. *Internal Materials of Chengdu Center, China Geological Survey*, 1–437 (in Chinese).
- Lingmu Weiyuan, Shen Yaolong. 1989. History of geological tectonic development in the Philippine Islands [J]. *Offshore Oil*, 9(5): 28–37 (in Chinese).
- Liu C Z, Chung S L, Wu F Y, Zhang C, Xu Y, Wang J G, Chen Y, Guo S. 2016. Tethyan suturing in Southeast Asia: zircon U–Pb and Hf–O isotopic constraints from Myanmar ophiolites [J]. *Geology*, 44(4): 311–314.
- Liu Guichun, Sun Zaibo, Zeng Wentao, Feng Qinglai, Huang Liang, Zhang Hu. 2017. The age of Wanhe ophiolitic mélange from Mengku area, Shuangjiang County, Western Yunnan Province, and its geological significance [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 36(2): 163–174 (in Chinese with English abstract).
- Liu Junlai, Song Zhijie, Cao Shuyun, Zhai Yunfeng, Wang Anjian, Gao Lan, Xiu Qunye, Cao Dianhua. 2006. The dynamic setting and processes of tectonic and magmatic evolution of the oblique collision zone between Indian and Eurasian plates: Exemplified by the tectonic evolution of the Three River region, eastern Tibet [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(4): 775–786 (in Chinese with English abstract).
- Liu Junlai, Tang Yuan, Song Zhijie, Tran My Dung, Zhai Yunfeng, Wu Wenbin, Chen Wen. 2011. The Ailaoshan Belt in Western Yunnan: Tectonic Framework and Tectonic Evolution [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*. 41(5): 1285–1303 (in Chinese with English abstract).
- Liu Shusheng, Fan Wenyu, Luo Maojin, Tang Fawei, Zhu Huaping, Chen Wenfeng. 2014. Zircon U–Pb dating and geochemistry characteristics of the bimodal volcanic rocks in Phlaythong area, Southern Laos[J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 44(2): 540–553(in Chinese with English abstract).
- Lu Yingxiang, Liu Hongguang, Huang Jingning, Zhang Hongyuan, Chen Yongqing. 2009. Preliminary division of the metallogenic belts in the Central South Peninsula of Southeast Asia and their regional ore–forming characteristics [J]. *Geological Bulletin of China*, 28(2–3): 314–325 (in Chinese with English abstract).
- Makoundi C, Zaw K, Large R R, Meffre, S, Lai C K, Hoe T G. 2014. Geology, geochemistry and metallogenesis of the Selinsing gold deposit, central Malaysia [J]. *Gondwana Research*, 26(1): 241–261.
- Metcalf I. 2013. Gondwana dispersion and Asian accretion: Tectonic and palaeogeographic evolution of eastern Tethys [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 66: 1–33.
- Mitchell, A.H.G., Win Myint, Kyi Lynn, Myint Thein Htay, Maw Oo, Thein Zaw, 2011. Geology of the high–sulfidation copper deposits, Monywa Mine, Myanmar[J]. *Resource Geology* 61, 1–29.
- Mo Xuanxue, Lu Fengxiang, Shen Shangyue, Zhu Qinwen, Hou Zengqian, Yang Kaihui. 1993. The Volcanism and Mineralization of Tethys in Sanjiang [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–269 (in Chinese).
- Morley C K. 2012. Late Cretaceous–Early Palaeogene tectonic development of SE Asia [J]. *Earthence Reviews*, 115(1–2): 37–75.
- Moss S J, Chambers J, Cloke I, Satria D, Ali J R, Baker S, Milsom J, Carter A. 1997. New observations on the sedimentary and tectonic evolution of the Tertiary Kutai Basin, East Kalimantan [J]. *Geological Society London Special Publications*, 126(1): 395–416.
- Nakano N, Osanai Y, Owada M, Nam T N, Toyoshima T, Binh P, Tsunogae T, Kagami H. 2007. Geologic and metamorphic evolution of the basement complexes in the Kontum Massif, central Vietnam [J]. *Gondwana Research*, 12(4): 438–453.
- Pan Guitang, Lu Songnian, Xiao Qinghui, Zhang Kexin, Yin Fuguang, Hao Guojie, Luo Mansheng, Ren Fei, Yuan Sihua. 2016. Division of tectonic stages and tectonic evolution in China [J]. *Earth Science*



- Frontiers, 23(6): 1–23 (in Chinese with English abstract).
- Pan Guitang, Xiao Qinghui, Lu Songnian, Deng Jinfu, Feng Yimin, Zhang Kexin, Zhang Zhiyong, Wang Fangguo, Xing Guangfu, Hao Guojie, Feng Yanfang. 2009. Subdivision of tectonic units in China [J]. *Geology in China*, 36(1): 1–4 (in Chinese with English abstract).
- Pan Guitang. 2013. Tectonic Map and Instructions for the Tibet Plateau and Adjacent Areas [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Peng Zhimin, Geng Quanru, Wang Liquan, Zhang Zhang, Guan Junlei, Cong Feng, Liu Shusheng. 2014. Zircon U–Pb ages and Hf isotopic characteristics of Granitic gneiss from Bunsumco, Central Qiangtang, Qinghai–Tibet Plateau [J]. *Chinese Science Bulletin*, 59(26): 2621–2629 (in Chinese).
- Peng Zhimin, Zhang Ji, Guan Junlei, Zhang Zhang, Han Wenwen, Fu Yuzhen. 2018. The discovery of Early–Middle Ordovician granitic gneiss from the giant Lincang Batholith in Sanjiang area of Western Yunnan and its geological implications [J]. *Earth Science*, 43(8): 2571–2585 (in Chinese with English abstract).
- Phan C T. 2000. The Permian of Vietnam, Laos and Cambodia and its interregional correlation [J]. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, 18(00): 99–109.
- Pigram C J. 1987. Terranes and the accretion history of the Papua New Guinea orogeny [J]. *Bmrj.aust.geol. and Geophys*, 10(3).
- Qian Kun, Yan Yi, Huang Qiyu, Chen Wenhua, Yu Mengming, Tian Zhixian. 2016. Sea floor spreading of South China Sea and its depositional records of sea and land changes [J]. *Marine Geology Frontiers*, 32(8): 10–23 (in Chinese with English abstract).
- Robert Jak McCarroll, Ian T. Graham, Russell Fountain, Karen Privat, Jon Woodhead. 2014. The Ojolali region, Sumatra, Indonesia: Epithermal gold–silver mineralisation within the Sunda Arc [J]. *Gondwana Research*, 26(1): 218–240.
- Rossignol C, Bourquin S, Poujol M, Hallot E, Dabard MP, Nalpas T. 2016. The volcanoclastic series from the Luang Prabang Basin, Laos: A witness of a Triassic magmatic arc? [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 120: 159–183.
- Salam A, Zaw K, Meffre S, McPhie J, Lai C K. 2014. Geochemistry and geochronology of the Chatree epithermal gold–silver deposit: Implications for the tectonic setting of the Loei Fold Belt, Central Thailand [J]. *Gondwana Research*, 26(1): 198–217.
- Schwartz MO, Rajah SS, Askury AK and Putthapiban P. 1995. The Southeast–Asian Tin belt [J]. *Earth–Science Reviews*, 38(2–4): 95–286.
- Sevastjanova I, Hall R, Rittner M, Paw S M T L, Naing T T, Alderton D H, Comfort G. 2016. Myanmar and Asia united, Australia left behind long ago [J]. *Gondwana Research*, 32: 24–40.
- Shao Lei, You Hongqing, Hao Hujun, Wu Guoxuan, Qiao Peijun, Lei Yongchang. 2007. Petrology and depositional environments of Mesozoic strata in the northeastern South China Sea [J]. *Geological Review*, 53(2): 164–169 (in Chinese with English abstract).
- Shi M F, Lin F C, Fan W Y, Deng Q, Cong F, Tran M D, Zhu H P, Wang, H. 2015. Zircon U–Pb ages and geochemistry of granitoids in the Truong Son terrane, Vietnam: Tectonic and metallogenic implications [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 101: 101–120.
- Shi Meifeng, Lin Fangcheng, Fan Wenyu, Wang Hong, Cong Feng, Zhu Huaping. 2015. SHRIMP zircon U–Pb dating of the monzogranites in the Pilok tungsten mining area, western Thailand, and its geological implications [J]. *Geological Bulletin of China*, 34(4): 769–779 (in Chinese with English abstract).
- Shi Meifeng, Lin Fangcheng, Li Xingzhen, Ling Xiaoming, Shi Hongzhao. 2011. Stratigraphic zoning and tectonic events in Indochina and adjacent areas of southwest China [J]. *Geology in China*, 38(5): 1244–1256.
- Shi Meifeng, Lin Fangcheng, Liu Chaoji, Li Xingzhen, Wang Hong. 2013. Classification and metallogenesis of metallogenic belts in Southeast Asia and the neighbouring southwestern part of China [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 33(2): 103–110 (in Chinese with English abstract).
- Smyth H R, Hamilton P J, Hall R, Kinny P D. 2007. The deep crust beneath island arcs: Inherited zircons reveal a Gondwana continental fragment beneath East Java, Indonesia [J]. *Earth & Planetary Science Letters*, 258(1): 269–282.
- Sone M, Metcalfe I. 2008. Parallel Tethyan sutures in mainland Southeast Asia: New insights for Palaeo–Tethys closure and implications for the Indosinian orogeny [J]. *Comptes Rendus Geoscience*, 340(2/3): 166–179.
- Spakman W, Hall R. 2010. Surface deformation and slab–mantle interaction during Banda arc subduction rollback [J]. *Nature Geoscience*, 3(8): 562–566.
- Suggate S M, Cottam M A, Hall R, Sevastjanova I, Forster M A, White L T, Armstrong R A, Carter A, Mojares E. 2014. South China continental margin signature for sandstones and granites from Palawan, Philippines [J]. *Gondwana Research*, 26(2): 699–718.
- Sun Zhen, Zhao Zhongxian, Zhou Di, Yang Shaokun, Lin Heming, Chen Guanghao. 2011. The stratigraphy and the sequence architecture of the basins in Nansha region [J]. *Earth Science*, 36(5): 798–806 (in Chinese with English abstract).
- Waipan N S, Whitehouse M J, Searle M P, Robb L J, Ghani A A, Chung S L, et al. 2015. Petrogenesis of Malaysian granitoids in the Southeast Asian tin belt: Part 2. U–Pb zircon geochronology and tectonic model [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 127.
- Wang Anjian, Cao Dianhua, Guan Ye, Liu Junlai, Li Wenchang. 2009. Metallogenic Belts of Southern Three Rivers Region, Southwest China: Distribution, Characteristics and Discussion [J]. *Acta Geologica Sinica*, 83(10): 1365–1375.
- Wang Hong, Lin Fangcheng, Li Xingzhen, Shi Meifeng, Liu Chaoji, Shi, Hongzhao. 2012. Tectonic unit division and Neo–Tethys tectonic evolution in north–central Myanmar and its adjacent areas [J]. *Geology in China*, 39(4): 912–922 (in Chinese with English abstract).

- English abstract).
- Wang Hong, Lin Fangcheng, Li Xingzhen, Shi Meifeng. 2015. The division of tectonic units and tectonic evolution in Laos and its adjacent regions [J]. *Geology in China*, 42(1): 71–84 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zhiyao, Qian Maolu, Su Junqing, Hu Jungang, Wang Yu, Liu Zhiying. 2017. Genesis analysis of gas source of biogenic gas reservoir in rakhine basin, Myanmar [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 24(2): 46–51 (in Chinese with English abstract).
- Watkinson I M, Hall R, Ferdian F. 2011. Tectonic re-interpretation of the Banggai–Sula–Molucca Sea margin, Indonesia[J]. *Geological Society London Special Publications*, 355(1): 203–224.
- White L T, Hall R, Armstrong R A. 2014. The age of undeformed dacite intrusions within the Kolaka Fault zone, SE Sulawesi, Indonesia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 94(3): 105–112.
- Xin Di, Liu Jing, Li Lei, Ran Li, Song Xuexin. 2014. Metallogenic characteristics and controlling factors of the Ok Tedi Cu–Au deposit, Papua New Guinea[J]. *Geological Bulletin of China*, 33(2/3):299–307(in Chinese with English abstract).
- Yang Wenqiang. 2010. Tectonic evolution of Nan–Uttaradit and Loei suture zones, Thailand and Lao P.D.R. [D]. China University of Geosciences: Doctoral dissertation (in Chinese with English abstract).
- Yao Y J, Liu H L, Yang C P, Han B, Tian J J, Yin Z X, Gong J L, Xu Q Y. 2012. Characteristics and evolution of cenozoic sediments in the liyue basin, se south china sea [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 60(Complete): 114–129.
- Yao Zhongyou, Wang Tiangang, Fu Caoyi, Ma Chun, Qi Liping, Kong Hongjie, Wang Zhuansheng, Li Wanggang, Chen Gang. 2014. Geological framework and dominant mineral resources of Oceania[J]. *Geological Bulletin of China*, 33(2/3):143–158(in Chinese with English abstract)
- Zaw K, Meffre S, Lai CK, Burrett C, Santosh M, Graham I, Manaka T, Salam B, Kamvong T, Cromie P. 2014. Tectonics and metallogeny of mainland Southeast Asia – A review and contribution[J]. *Gondwana Research*, 5–30.
- Zhang Kexin, Pan Guitang, He Weihong, Xiao Qinghui, Xu Yadong, Zhang Zhiyong, et al. 2015. New division of tectonic–strata superregion in China [J]. *Earth Science*, 40(2): 206–233 (in Chinese with English abstract).
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, Dilek Y, Wang Q, Li W H, Dong G C, Sui Q L, Liu Y S, Yuan H L, Mo X X. 2012. Cambrian bimodal volcanism in the Lhasa Terrane, southern Tibet: Record of an early Paleozoic Andean–type magmatic arc in the Australian proto–Tethyan margin [J]. *Chemical Geology*, 328(11): 290–308.
- Zhu Huaping, Fan Wenyu, Mao Hongjiang, Wu Zhenbo, Gao Jianhua, Liu Shusheng. 2014. Geological characteristics and metallogenesis of the PHaLek iron deposit in Vientiane Province, Laos[J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 44(5): 1492–1501(in Chinese with English abstract).
- Zhu Huaping, Lin Fangchen, Shi Meifeng, Wang Hong. 2016. Analysis of Geotectonic Environment, Metallogenic Potential and Prospecting direction of Important Mining Areas in Eastern Tethys[R]. 213–216 (in Chinese).
- Zimmermann S, Hall R. Provenance of Triassic and Jurassic sandstones in the Banda Arc: Petrography, heavy minerals and zircon geochronology [J]. *Gondwana Research*, 2016, 37:1–19.
- Zin–Maung–Maung–Thein, Takai M, Tsubamoto T, Egi N, Thaug–Htike, Nishimura T, Maung–Maung, Zaw–Win. 2010. A review of fossil rhinoceroses from the Neogene of Myanmar with description of new specimens from the Irrawaddy sediments [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 37(2): 154–165.

### 附中文参考文献

- 蔡文杰, 朱光辉, 姜焯, 杨松岭, 李爱山. 2012. 增生楔油气地质特征及勘探潜力——以缅甸某区块为例[J]. *天然气地球科学*, 23(4): 742–747.
- 陈永清, 黄静宁, Zhai Xiaoming, 卢映祥, 程志中, 李建荣. 2009. 中缅毗邻区金腊 Pb–Zn–Ag 多金属矿田花岗岩锆石 U–Pb 定年与地球化学特征[J]. *地学前缘*, 16(1): 344–362.
- 陈永清, 刘俊来, 冯庆来. 2010. 东南亚中南半岛地质及与花岗岩有关的矿床[M]. 北京:地质出版社, 76–89.
- 邓军, 葛良胜, 杨立强. 2013. 构造动力体制与复合造山作用——兼论三江复合造山带时空演化[J]. *岩石学报*, 29(4): 1099–1114.
- 邓军, 李文昌, 莫宣学, 等. 2016. 三江特提斯复合造山与成矿作用[M]. 科学出版社: 1–622.
- 邓军, 王长明, 李龚健. 2012. 三江特提斯叠加成矿作用样式及过程. *岩石学报*, 28(5):1349–1361.
- 邓军, 杨立强, 王长明. 2011. 三江特提斯复合造山与成矿作用研究进展[J]. *岩石学报*, 27(9):2501–2509.
- 冯庆来, 沈上越, 刘本培, Helmcke D, 钱祥贵, 张伟明. 2002. 滇西南澜沧江构造带大新山组放射虫、硅质岩和玄武岩研究[J]. *中国科学:地球科学*, 32(3): 220–226.
- 冯庆来, 杨文强, 沈上越, Chongpan Chonglakmani, Kitsana Malila. 2008. 泰国北部清迈地区海山地层序列及其构造古地理意义[J]. *中国科学:地球科学*, 38(11): 1354–1360.
- 郭远生, 罗玉福, 崔银亮. 2013. 中国和东南亚红土型镍矿地质与勘查[M]. 北京:地质出版社, 64–76.
- 侯增谦, 王二七, 莫宣学. 2007. 青藏高原碰撞造山与成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 798–963.
- 李文昌, 潘桂棠, 侯增谦. 2010. 西南“三江”多岛弧盆–碰撞山成矿理论及勘查技术[M]. 北京:地质出版社, 1–491.
- 李文光, 傅朝义, 姚仲友, 信迪, 葛之亮, 宋学信, 王天刚. 2014a. 巴布亚新几内亚铜金矿床大地构造背景、成因类型与成矿特征[J]. *地质通报*, 33(2/3): 270–282.
- 李文光, 王天刚, 姚仲友, 李红军, 朱意萍. 2014b. 与碱性岩有关的浅成低温热液型金矿特征与控矿因素——以巴布亚新几内亚波尔盖拉金矿为例[J]. *地质通报*, 33(2/3): 308–317.

- 李新仁,周喜林,严城民,王长兵,李于冰. 2017. 缅甸大地构造单元的划分与特征[J]. 地质与资源, 26(1): 99-104.
- 李兴振,江新胜,孙志明,沈致富,杜德勋. 2002. 西南三江地区碰撞造山过程[M]. 北京:地质出版社, 1-213.
- 李兴振,刘朝基,丁俊. 2004. 大湄公河次地区主要结合带的对比与连接[J]. 沉积与特提斯地质, 24(4): 1-12.
- 林方成,施美凤,李兴振. 2010. 三江—湄公河成矿带地质背景和成矿规律对比研究专题成果报告[R]. 中国地质调查局成都地质调查中心内部资料, 1-437.
- 铃木尉元,沈耀龙. 1989. 菲律宾群岛地质构造发育史[J]. 海洋石油, 9(5): 28-37.
- 刘桂春,孙载波,曾文涛,冯庆来,黄亮,张虎. 2017. 滇西双江县勐库地区湾河蛇绿混杂岩的形成时代、岩石地球化学特征及地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 36(2): 163-174.
- 刘俊来,宋志杰,曹淑云,翟云峰,王安建,高兰,修群业,曹殿华. 2006. 印度—欧亚侧向碰撞带构造—岩浆演化的动力学背景与过程——以藏东三江地区构造演化为例[J]. 岩石学报, 22(4): 775-786.
- 刘俊来,唐渊,宋志杰,Tran My Dung,翟云峰,吴文彬,陈文. 2011. 滇西哀牢山构造带:结构与演化[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 41(5): 1285-1303.
- 刘书生,范文玉,罗茂金,唐发伟,朱华平,陈文峰. 2014. 老挝南部帕莱通双峰式火山岩锆石U-Pb定年及岩石地球化学特征[J]. 吉林大学学报:地球科学版, 44(2): 540-553.
- 卢映祥,刘洪光,黄静宇,张宏远,陈永清. 2009. 东南亚中南半岛成矿带初步划分与区域成矿特征[J]. 地质通报, 28(2/3): 314-325.
- 莫宣学,路凤香,沈上越,朱勤文,侯增谦,杨开辉. 1993. 三江特提斯火山作用与成矿[M]. 北京:地质出版社, 1-269.
- 潘桂棠,陆松年,肖庆辉,张克信,尹福光,郝国杰,骆满生,任飞,袁四化. 2016. 中国大地构造阶段划分和演化[J]. 地学前缘, 23(6): 1-23.
- 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,邓晋福,冯益民,张克信,张智勇,王方国,邢光福,郝国杰,冯艳芳. 2009. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 36(1): 1-4.
- 潘桂棠等. 2013. 青藏高原及邻区大地构造图及说明书[M]. 北京:地质出版社.
- 彭智敏,耿全如,王立全,张璋,关俊雷,丛峰,刘书生. 2014. 青藏高原羌塘中部本松错花岗岩质片麻岩锆石U-Pb年龄、Hf同位素特征及地质意义[J]. 科学通报, 59(26): 2621-2629.
- 彭智敏,张辑,关俊雷,张璋,韩文文,付于真. 2018. 滇西“三江”地区临沧花岗岩基早—中奥陶世花岗岩质片麻岩的发现及其意义[J]. 地球科学, 43(8): 2571-2585.
- 钱坤,闫义,黄奇瑜,陈文煌,余梦明,田陟贤. 2016. 南海扩张过程及海陆变迁沉积记录[J]. 海洋地质前沿, 32(8): 10-23.
- 邵磊,尤洪庆,郝沪军,吴国璋,乔培军,雷永昌. 2007. 南海东北部中生界岩石学特征及沉积环境[J]. 地质论评, 53(2): 164-169.
- 施美凤,林方成,李兴振,凌小明,石洪召. 2011. 东南亚中南半岛与中国西南邻区地层分区及沉积演化历史[J]. 中国地质, 38(5): 1244-1256.
- 施美凤,林方成,刘朝基,李兴振,王宏. 2013. 东南亚缅甸泰老越柬五国与中国邻区成矿带划分及成矿特征[J]. 沉积与特提斯地质, 33(2): 103-110.
- 施美凤,林方成,范文玉,王宏,丛峰,朱华平. 2015. 泰国西部比洛克(Pilok)锡钨矿区二长花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质通报, 34(4): 769-779.
- 孙珍,赵中贤,周蒂,杨少坤,林鹤鸣,陈广浩. 2011. 南沙海域盆地的地层系统与沉积结构[J]. 地球科学, 36(5): 798-806.
- 王安建,曹殿华,管焯,刘俊来,李文昌. 2009. 西南三江成矿带中南段金属矿床成矿规律与若干问题探讨[J]. 地质学报, 83(10): 1365-1375.
- 王宏,林方成,李兴振,施美凤,刘朝基,石洪召. 2012. 缅甸中北部及邻区构造单元划分及新特提斯构造演化[J]. 中国地质, 39(4): 912-922.
- 王宏,林方成,李兴振,施美凤. 2015. 老挝及邻区构造单元划分与构造演化[J]. 中国地质, 42(1): 71-84.
- 王芝尧,钱茂路,苏俊清,胡俊刚,王瑀,刘志英. 2017. 缅甸若开海域生物气藏气源成因分析[J]. 油气地质与采收率, 24(2): 46-51.
- 信迪,刘京,李雷,冉丽,宋学信. 2014. 巴布亚新几内亚奥克泰迪铜金矿床成矿特征和控制因素[J]. 地质通报, 33(2-3): 299-307.
- 杨文强. 2010. 泰国和老挝难河—程逸及黎府缝合带构造演化[D]. 中国地质大学:博士学位论文.
- 姚仲友,王天刚,傅朝义,马春,齐立平,孔红杰,汪传胜,李文光,陈刚. 2014. 大洋洲地区大地构造格架与优势矿产资源[J]. 地质通报, 33(2/3): 143-158.
- 张克信,潘桂棠,何卫红,肖庆辉,徐亚东,张智勇,等. 2015. 中国构造—地层大区划分新方案[J]. 地球科学, 40(2): 206-233.
- 朱华平,范文玉,毛洪江,吴振波,高建华,刘书生. 2014. 老挝万象省爬立山(PhaLek)铁矿床地质特征及成矿作用分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 44(5): 1492-1501.
- 朱华平,林方成,施美凤,王宏. 2016. 东特提斯地区重要矿区产出环境、成矿潜力和找矿方向分析[R]. 213-216.