

# 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

施美凤 林方成 李兴振 凌小明 石洪召

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610081)

**提要:**本文通过对东南亚中南半岛的缅甸、泰国、柬埔寨、老挝、越南五国及毗邻的中国西南地区地层的对比研究, 依据研究区构造演化、沉积岩石组合和古生物群特征将整个区域划分为5个地层分区: 冈瓦纳型的印度地层区、过渡型亲冈瓦纳的滇缅马地层区、过渡型亲华南的印支地层区、属劳亚大陆的扬子地层区和华夏地层区。论述了地层区的基本特征, 并进一步对各地层区间做了沉积演化对比, 进而阐明了区域的重要构造事件与洋盆沉积演化历史。

**关键词:**地层分区; 沉积演化; 东南亚; 缅甸; 泰国; 老挝; 柬埔寨; 越南

**中图分类号:** P535      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2011)05-1244-13

研究区包括缅甸、泰国、柬埔寨、老挝、越南及中国的云南、贵州南部、广西西南部、海南省及四川南部部分区域, 位于东经  $92^{\circ}\sim 110^{\circ}$ 、北纬  $5^{\circ}30'\sim 28^{\circ}30'$  范围内, 大地构造上处于东特提斯构造域与西太平洋构造域的相交地带, 也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<sup>[1-5]</sup>。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。

## 1 地层区划分方案

在前人研究的基础上, 依据研究区构造演化、沉积岩石组合及古生物群特征, 以二级大地构造单元为基础(结合带二级构造单元未作为地层区划出, 而作为地层区的边界), 笔者将研究区划分为5个大的地层分区(图1): (1)印度地层区(冈瓦纳型); (2)滇缅马(滇西—缅甸—马来西亚)地层区(过渡型亲冈瓦纳地层区); (3)印支地层区(过渡型亲华南地层区); (4)扬子地层区(劳亚大陆地层区); (5)华夏地层区

(劳亚大陆地层区)。上述各地层区之间的界线分别为印缅山脉结合带、澜沧江—清莱—劳勿结合带、金沙江—哀牢山—马江结合带、陆川—斋江结合带、澜沧江—清莱—劳勿结合带是本区分隔南北大陆群的主结合带。

## 2 各地层区特征

### (1) 印度地层区

大地构造上属于印度板块, 本文的研究区只包括缅甸西部的印缅山脉结合带(南云—甘贝莱一线)及阿萨姆—若开前渊带(图2), 前者是东喜马拉雅构造带的向南分支, 后者是印澳板块向北和北东俯冲, 特提斯洋闭合后形成的新生代前渊。本区地层主要特征是发育新生代的前渊复理石沉积, 仅在萨拉马蒂峰发育前寒武系(图3)。

印缅山脉结合带由白垩纪—始新世的远洋沉积物和厚的三叠纪、始新世—渐新世复理石组成, 其上为上中新统和更新统磨拉石覆盖, 具有一些含白垩

收稿日期: 2011-01-05; 改回日期: 2011-06-15

基金项目: 科技部“十一五”科技支撑项目专题“三江—湄公河成矿带地质背景和成矿规律对比研究”(2006BAB01A03-3)、国土资源大调查项目“东南亚地区地质矿产对比研究”(1212010561507)、“中缅边界三江西南段—掸邦成矿带成矿背景及成矿规律对比研究”(1212010913035)资助。

作者简介: 施美凤, 女, 1984年生, 硕士, 工程师, 主要从事沉积地质研究; E-mail: shimeifeng-1204@163.com。

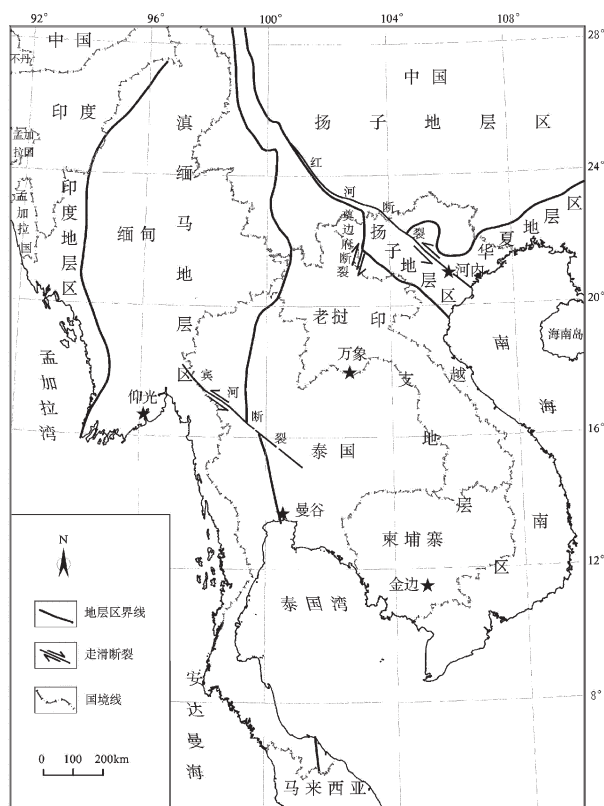


图1 东南亚中南半岛与中国西南邻区地层分区图

Fig.1 Stratigraphic zoning in Indochina and adjacent areas of southwest China

纪外来岩块的夹层<sup>[6]</sup>。其东侧的那加断裂系伴有晚白垩世基性和超基性火山岩,代表一种经历了强烈构造运动的消减杂岩带。结合带三叠纪复理石相岩石的形成表明,印缅山脉洋盆形成的时代可能与雅鲁藏布江洋一样,均为二叠纪末—三叠纪。而印缅山脉洋盆可能于白垩纪开始向东俯冲,并于新生代(喜山运动)闭合<sup>[7]</sup>,形成阿萨姆—若开前渊带,接受了一套碎屑复理石沉积(浊积岩)。

隆格朗山和若开山脉轴部西侧则普遍发育始新统的复理石沉积,常见有外来的灰岩块。若开山西面的新生代盆地内主要沉积为中新统上勃固群和相应的海相、半咸水相及陆相沉积。在许多地区产陆生和水生的脊椎动物化石,大多为哺乳类,时代为晚上新世至更新世。上新统在北部为陆相,南部为深水海相<sup>[8]</sup>。在孟加拉湾有更新统一全新统海相浊积岩,为一残留海(即边缘前陆盆地)沉积,其南部如下伏基底为洋壳的话,则可能为残留洋盆。

## (2) 滇缅马地层区

滇缅马地层区介于印缅山脉结合带和滇西澜沧江—泰国清莱—马来西亚劳勿结合带之间。主体为保山—掸泰地块、西缅微陆块及其间南北延伸的结合带(图2)。其地层及古生物发育的典型特征是:①早二叠世发育舌羊齿植物和冷水型动物群;②在C<sub>3</sub>-P<sub>1</sub>期间具有冰海混积岩沉积(海相冰川或河流冰川成因);③早二叠世 $\delta^{18}\text{O}$ 指示为冷水环境。

澜沧江结合带的空间位置和南北延伸目前还没有统一认识,本文在参考已有观点的基础上,通过项目组近几年的研究认为,澜沧江—清莱—劳勿结合带为南方冈瓦纳大陆与北方劳亚大陆的界线,其北段澜沧江洋在青海的乌兰乌拉山一带。可可西里—金沙江蛇绿岩东延分为两支,一支向东经玉树南下接金沙江带,另一支沿乌兰乌拉山向南东接澜沧江结合带,其东侧发育一条断续出露、延伸数千千米的二叠—三叠纪弧火山岩带<sup>[11]</sup>,这条火山弧带向南经缅甸北西部到泰国南邦,直至马来西亚文冬—劳务结合带的东侧,一直南延到景洪<sup>[9-10]</sup>。它的存在暗示其西侧有一条与之相伴的结合带,尽管其蛇绿混杂岩大部被向东逆推的推覆体所淹没,但仍断续可见。再者,云南境内的澜沧江带未见泥盆系与下伏地层的不整合,且在景洪南光地区见泥盆系为一套深水浊积岩和重力流堆积的角砾岩,还发育硅质岩,推测古澜沧江洋在早古生代末并未闭合,一直延续到晚古生代成为古特提斯澜沧江洋<sup>[2,10,12]</sup>。向南到泰国清莱—达府一带及湄南河断裂以南的那空沙旺附近,出露有一套志留纪—泥盆纪的变沉积岩(片岩和千枚岩)和变火山岩(安山岩)<sup>[13]</sup>,它们有可能是原特提斯古澜沧江洋在泰国的痕迹显示。马来西亚半岛西部零星的下古生界和上古生界岩石及火山岩夹灰岩和硅质岩块被 Metcalfe<sup>[14]</sup>解释为是古特提斯物质,是增生和碰撞杂岩<sup>[15]</sup>。这表明马来西亚文冬—劳勿带与澜沧江带早—晚古生代有相似的演化历史,它们应是相连为一体的,早古生代可能存在一个原特提斯,并延续到晚古生代,形成原、古特提斯相衍的发展历史。

滇缅马地层区前寒武纪及早古生代地层主要发育在北部和掸泰地块西缘。缅甸西北部抹谷—南坎一带的前寒武系叫抹谷系<sup>[16]</sup>,是滇西高黎贡山群的向南延伸,为基底杂岩,是在加里东和阿尔卑斯—喜马拉雅造山运动期间变质而成的<sup>[6]</sup>,一般认为属中元古界。抹谷系之上是昌马支系浊积岩,与保山地块

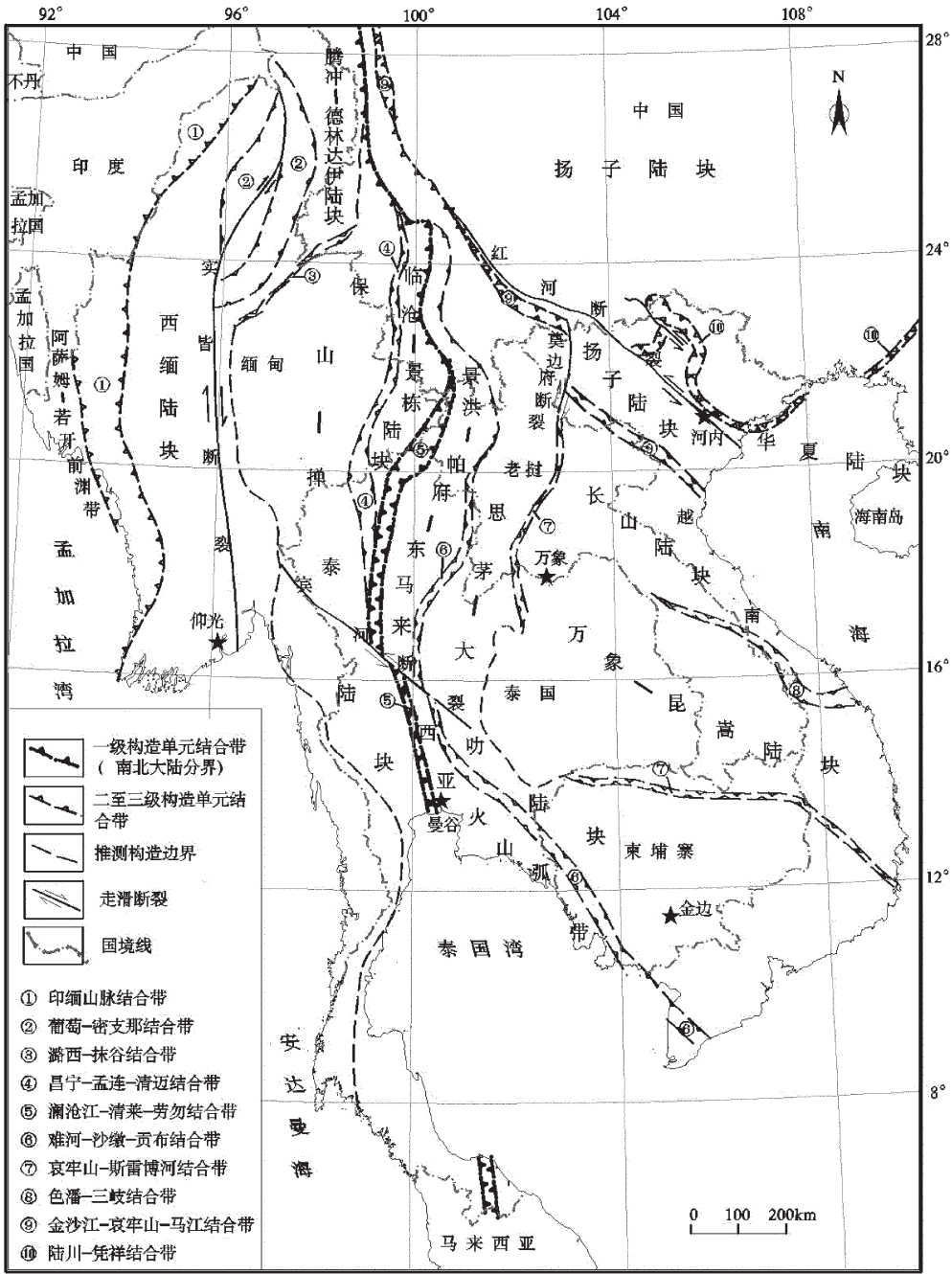


图 2 东南亚中南半岛与中国西南邻区大地构造单元划分简图

Fig.2 Schematic map showing tectonic units in Indochina and adjacent areas of southwest China

的公养河群相当,为新元古代—早寒武世复理石沉积<sup>[17-18]</sup>;公养河群之上的上寒武统含丰富三叶虫等化石,所含的生物化石与缅甸宾德亚山区及泰国的凌加卫岛、马来西亚的槟榔屿可以对比<sup>[19]</sup>。至于抹谷带是否存在原特提斯洋,还有待进一步研究, Mitchell<sup>[20]</sup>认为抹谷附近与片麻岩相伴生的一些小

的超基性岩体可能是蛇绿岩的残余,并将鲍德温矿区寒武系中的中酸性火山岩看作是岩浆弧,但其蛇绿岩侵位时代需进一步查证。

奥陶系在保山地块为滨海—浅海相砂泥质建造夹不纯的碳酸盐岩(图 3),含大量底栖生物化石,表现为稳定环境沉积的特点<sup>[18]</sup>。缅甸掸邦高原的奥陶

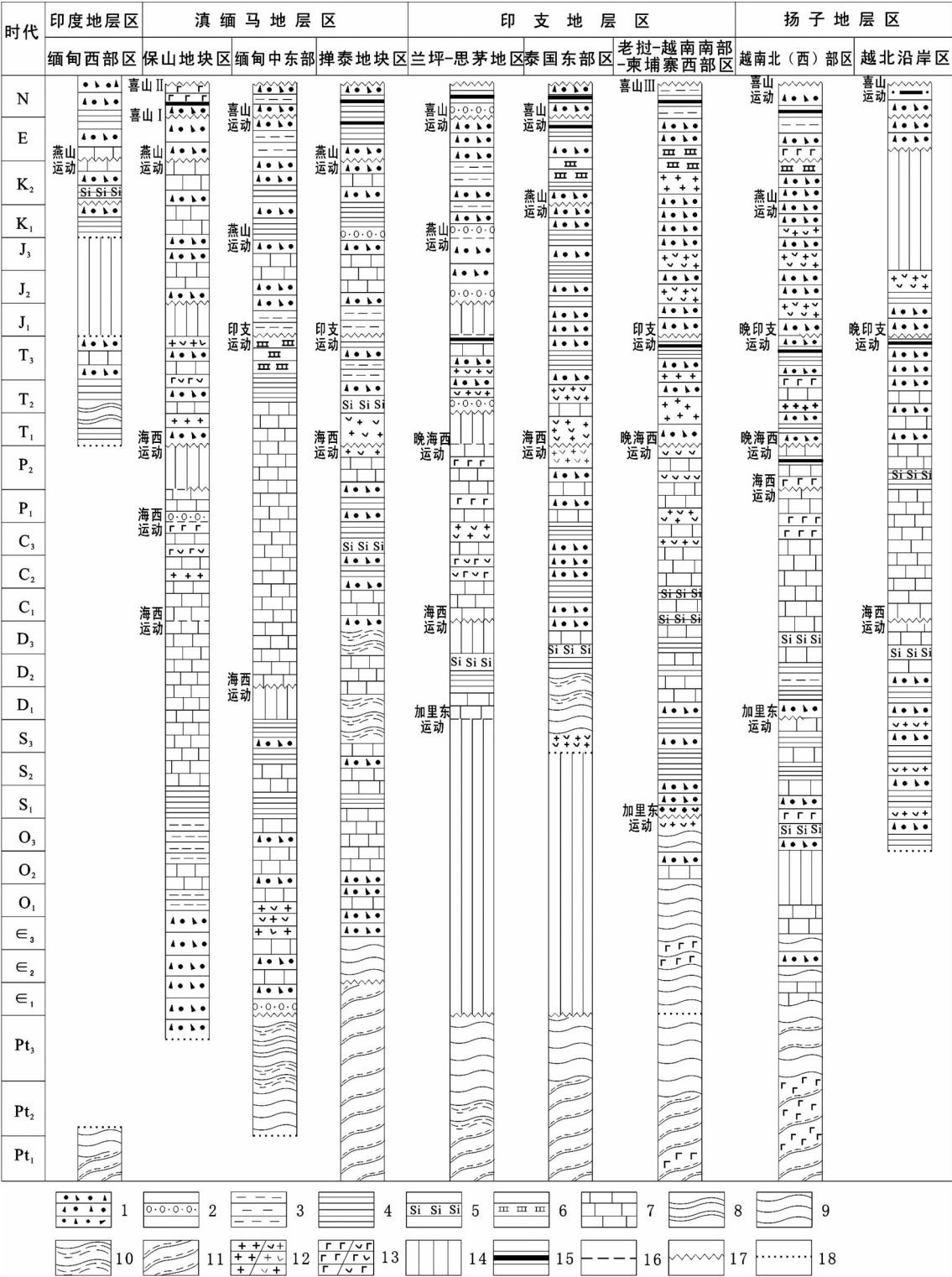


图 3 东南亚中南半岛与中国西南邻区沉积演化对比图

1—碎屑岩;2—底砾岩;3—泥岩;4—页岩;5—硅质岩;6—蒸发岩(膏盐);7—碳酸盐岩;8—板岩;9—片岩;10—千枚岩;11—片麻岩;12—酸(中酸)性火山岩;13—基(中基)性火山岩;14—地层缺失;15—层;16—平行不整合;17—角度不整合;18—接触关系不明

Fig.3 Comparison of sedimentary evolutions in Indochina and in adjacent areas of southwest China  
1—Clastic rocks; 2—Bottom conglomerate; 3—Mudstone; 4—Shale; 5—Chert; 6—Evaporites (gypsum); 7—Carbonate; 8—Slate; 9— Schist; 10—Phyllite; 11—Gneiss; 12—Acid (acid-intermediate) volcanic rocks; 13—Basic (intermediate-basic) volcanic rocks; 14—Stratigraphic gap; 15—Coal layer; 16—Parallel unconformity; 17—Angular unconformity; 18—Unknown relationship



系可与保山地块的奥陶系相对比,南掸邦的宾德亚(Pindaya)群和北掸邦的脑干基(Naungkangyi)系的最顶部发育紫色页岩。且掸邦高原和保山地块一样,志留系向东进入被动边缘较深水沉积环境<sup>[9]</sup>。

上古生界在保山地块主要为碳酸盐岩和碎屑岩。泥盆系—石炭系以浅海相碳酸盐岩为主,不发育含放射虫的硅质岩,中—上石炭统夹火山岩,缺失晚二叠世沉积<sup>[18]</sup>(图3)。缅甸北掸邦早泥盆世为Zebingyi层,其上为厚层灰岩不整合覆盖,称下部高原灰岩,再往上是晚石炭—二叠系的上部高原灰岩,在南掸邦、克耶邦和德林达伊地区,缺失下部高原灰岩;在下部古生界和上部高原灰岩(德林达伊地区的对应层叫毛淡棉灰岩)之间有一个很大的地层间断<sup>[8]</sup>,表明中、晚泥盆世这些地区处于隆起剥蚀状态。此外,保山地块东缘耿马南早三叠世帕拍组硅质碎屑中含有泥盆纪放射虫,表明东边的昌宁—孟连洋盆已经闭合,进入造山阶段,并向西边的前陆拗陷供给物源。

泰国北部从泥盆系到石炭系为连续沉积,以碳酸盐岩沉积为标志。在石炭系上部出现红色岩系,为海相沉积,含 *Walchia pisiformis* 化石(斯蒂芬阶(C<sub>3</sub>)—早二叠世)。而在西部山脊东侧,石炭系为浅海沉积,称湄他群(Dan Lan Hoi 或 Mae Tha Group)<sup>[21]</sup>。

值得注意的是,晚石炭—二叠纪出露一套成因有争议的特殊沉积,以冰碛砾岩的出现为特征的含多种碎屑砾石的混积岩,在缅甸抹谷—墨吉一带称墨吉群,泰国半岛南部称 Kaeng Krachan 群或普吉群,缅甸格劳附近的列比因系(Lebyin),茂奇地区为茂奇系的一部分,毛淡棉西的马达班系、马来西亚西部的辛贾(Singa)组和苏门答腊的 Bohorok 组,呈一狭窄的带状断续延伸,长逾 2000 km,宽几百千米<sup>①</sup>。这套地层向北延可接滇西腾冲西部的勐洪群。但从古生物及沉积的砾石来源分析,并不支持这套碎屑岩沉积是冈瓦纳大陆冰川沉积,而可能是冰海沉积<sup>[22]</sup>。

泰国南部半岛的南奔—沙敦带,二叠系叫湄托组和 Phra Who 组。湄托组含冷水型单通道鲕科化石: *Monodiexodina shiptoni*,时代为早二叠世晚阿丁斯克期或伦纳德期(北美 P<sub>1</sub>)。在湄索东的钙质砂岩和迈萨良北西的二叠系灰岩中,也见于上述相同种的单通道鲕。Phra Who 组灰岩在 Phra Who 山北面于

Doi Musur 群顶部钙质长石砂岩中发现有保存很好的单通道鲕。该带单通道鲕的出现,表明了掸泰地块的亲冈瓦纳特性<sup>[23]</sup>。

二叠纪亚丁斯克(Artinskian)期后,保山地块与泰国西部在岩性特征有了较大的差别,这与位于冈瓦纳大陆北侧的基默里区在早二叠世晚期开始逐渐与冈瓦纳大陆分离<sup>[24]</sup>有关,也即班公湖—怒江—三台山—抹谷洋盆开始形成,位于基默里区最东部的保山地块是最早分离出来的陆块之一,海相喷发的卧牛寺组玄武岩被认为是大陆裂谷型的拉斑玄武岩,它的出现也反映了冈瓦纳大陆引张裂离作用的开始。进入中二叠世后,在岩石地层和生物群面貌上,保山地块与泰国西部和南部更为相近,保山地区的永德组和沙子坡组<sup>[25-29]</sup>、泰国西部和南部的 Ratburi 灰岩(赛育群)都是以碳酸盐岩为主的地层,生物群面貌也可对比。两地的这些相似性和一致性变化可能与同属于基默里区,保山—掸泰陆块从南部冈瓦纳大陆裂离并开始向北由低纬度到中纬度的漂移有关<sup>[27]</sup>。

三叠—白垩系主要发育于保山—掸泰陆块之两侧,分布零星。海相沉积主要发育于三叠—早侏罗世,自中侏罗世一度出现广泛的海侵以后,几乎都变为陆相沉积(图3)。三叠纪末,晚印支运动使滇西的保山—镇康地区演化为前陆隆起,未接受早侏罗世沉积。中侏罗纪—白垩系主要为浅海相碎屑岩和碳酸盐岩沉积。白垩系在南甸和勐海地区为一套红色岩层,顶部不全。上白垩统一古近系缺失。

泰国的掸泰地块区也缺失下三叠统,北西部中三叠统有放射虫硅质岩,在夜丰颂—迈萨良和湄索地区中上三叠统为深海沉积<sup>[28]</sup>。也有人曾报道该带中生代红层中的硅质碎屑中含有早石炭世、中—晚二叠世和中三叠世的放射虫,认为硅质岩碎屑来自下伏地层<sup>[29]</sup>。这表明,夜丰颂—迈萨良带的中生代地层可能与北部云南沧源县帕拍一带的帕拍组一样,属于前陆拗陷带沉积。

缅甸南掸邦和克耶邦地区,下—中三叠统 Pinme-Kondeik 灰岩,是一套含菊石的浅灰色白云质“破灰岩”夹粘土岩的地层。在几个地方见 Pinme-Kondeik 灰岩向下无间断地进入上部高原灰岩<sup>[8]</sup>,表明从二叠纪到中三叠纪为连续的碳酸盐沉积。该破灰岩与北部保山地块中三叠统河湾街组“破灰岩”

①李兴振,等. 东南亚五国地质矿产(项目报告), 2007.

完全对应<sup>[9]</sup>。

缅甸格劳冲断带下侏罗统为一套海相红色碎屑岩和碳酸盐岩,红层中含有砾岩,具磨拉石特征,顶部出现煤层。这是班公湖—怒江—三台山—抹谷洋中特提斯闭合(即燕山运动)碰撞造山的重要标志,在冲断带东侧形成一前陆盆地。稍晚,缅甸北东的葡萄—密支那洋向东俯冲,葡萄—密支那洋可能于晚侏罗世—早白垩世闭合。

缅甸中部是一个断续隆起的火山弧带,弧两侧为古近—新近纪盆地,呈 NNW 和 NNE 向延伸,向北延伸到胡冈盆地北端;向南和南西在安达曼海中追索<sup>[30]</sup>。这些盆地的古近—新近系和印缅山脉结合带的古近—新近系沉积特征不同,前者为磨拉石相,从南到北由海相逐渐变为陆相;后者为复理石相。泰国的新生代沉积主要分布在泰国半岛、泰国湾西部和安达曼海岸的新生代地堑和半地堑盆地,有海陆相沉积,夹煤层,且大多始于晚渐新世。

### (3) 印支地层区

印支地层区西界为澜沧江—清莱—劳勿结合带,北东界为金沙江—哀牢山—马江结合带(图 2),整体向东南呈扇形展开;主要包括中国滇西的兰坪—思茅一线、泰国中东部区、柬埔寨、老挝及越南中南部。印支地层区沉积演化史十分复杂,有太古—元古界基底的昆嵩地块,有中新生的兰坪—思茅、呵叻等盆地,也有混杂的难河—沙缴—贡布、哀牢山—雷波斯河、马江等结合带;整体以中生代地层为主,还包括景洪—帕府—庄他武里、墨江—黎府—罗文真及甘蒙—顺化等火山弧岩带和岩浆岩带。该地层区的主要特征有两点:一是未见  $C_3$ — $P_1$  冰海混积岩,也很少见有冷暖水生物的混生,即使有,也以特提斯暖水动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。二是晚中生代发育大型钾盐盆地。

前寒武系在印支地层区研究尚浅,确切的年龄数据并不多。泰国东南春武里东—庄他武里一带前寒武系为片岩、片麻岩。下元古界在越南西北部 and 老挝东北部统称 Xuandai 杂岩,在昆嵩地块和老挝东南部及柬埔寨东北部叫 Ngoclinh 杂岩(原称博胶(Bo Kham)系),两杂岩下部都为镁铁质火山岩和伴生的火山—沉积岩。昆嵩地块具太古—早元古代结

晶基底,古元古界与太古宇呈构造接触<sup>[3,31]</sup>,其上被含新元古代里非期微植石(Microphytons)的 Poco 组低级变质岩所覆,新元古代—早寒武世的 Kham Duc 组变质岩中夹有镁铁质火山岩<sup>[32]</sup>。

早古生代地层主要发育在越南的长山带和越老南东交界的公河构造带<sup>[3,32]</sup>,长山带出露奥陶—志留世的隆大(Longdai)组和大江(Song Ca)组,在沉积组成上两者相似,为海相灰岩、砂岩和页岩,含化石,但在隆大组中安山岩、粉砂岩分布更为广泛<sup>[32]</sup>。隆大组下部发现有兰多维列(Landoverian)时期( $S_1$ )的笔石化石组合,而在越北沿岸带的 Coto 组和越北地区 Phungu 群上部也有该时期的笔石化石,在大江组中发现有温洛克(Wenlockian)时期( $S_2$ )的笔石化石组合。从笔石组合来看,北部沿岸区、越北区和长山地区存在相似性,表明它们有内在的生物联系,相同的海域环境。而且北长山地区与北部沿岸带一样,也是一套复理石型陆源—凝灰质岩层,夹安山岩、英安岩和硅质片岩。北长山与北部沿岸带复理石沉积夹钙碱性火山岩系(相当于隆大组),应分别属于马江洋向南俯冲形成的福华特火山弧带和华南洋向南东俯冲形成的云开—姑苏岛火山弧带,两个洋可能是相连的。在华南和越北,泥盆系不整合覆于加里东褶皱带之上。

南长山的甘蒙—清化一带,奥陶—志留系为含钙碱性火山岩(玄武岩、安山岩)和产三叶虫的复理石沉积<sup>[9]</sup>。该钙碱性火山岩可能是色潘—三岐洋向北俯冲形成的。下泥盆统为红层,中泥盆统—石炭系和二叠系主要为陆源碎屑岩和碳酸盐岩<sup>[33]</sup>,李兴振等<sup>①</sup>认为下泥盆统红层是俯冲碰撞形成的造山杂岩,意味着色潘—三岐洋的闭合。海南屯昌—河口洋与色潘—三岐洋可能有相似的演化历史。

兰坪—思茅盆地中早古生代地层仅见于南部墨江、金平地区,志留系与下泥盆统均属笔石页岩相冒地斜沉积,并见有程度不等的变质现象。泰国境内下古生界也仅出露于庄他武里—春武里一带和南部那拉提瓦省,晚志留—早泥盆世为石英质岩和火山—沉积岩,火山岩基本上是拉斑玄武岩<sup>[34]</sup>。

公河构造带发育有寒武系片岩和石英岩、志留系页岩和含放射虫的泥盆系,这些岩石形成于海沟环境<sup>[34]</sup>。晚泥盆—二叠纪,印支—华南陆块解体,发

① 李兴振,等,东南亚五国地质矿产(项目报告),2007。

育古特提斯金沙江—哀牢山—马江洋。该洋盆是在原特提斯洋闭合后的背景上,于晚泥盆世重新打开的,在墨江以南出现分支,产生哀牢山—斯雷博河洋。

北支哀牢山—马江洋除沿哀牢山—马江带有蛇绿混杂岩发育外,在越南西北部莱州至云南绿春一带出露有二叠纪火山—沉积岩系,这可以与莫边府断裂带西侧的石炭—二叠系火山—沉积岩带相连接,绿春一带中上三叠统高山寨组火山岩可与桑怒裂谷盆地的相应地层相接,形成一条二叠纪—晚三叠世的弧火山岩带,这个弧火山岩带向北西可接哀牢山结合带西南面的二叠纪太忠—李仙江弧火山岩带<sup>[2,12]</sup>。这个弧火山岩带的存在表明哀牢山结合带和马江结合带是相连的(图2),并向南西俯冲,形成统一的三叠纪火山弧。

而南支的哀牢山—斯雷博河洋的确定是据 Le Van De<sup>[32]</sup>的资料,他认为在柬埔寨东北与老挝、越南交界处的斯雷博河(Srepok River)一带,即昆嵩地块南西存在一个在早中生代关闭的斯雷博河洋盆。斯雷博河洋盆发育于晚古生代—早中生代,是在前里菲和古生代基底上沿斯雷博河地区张开的,洋壳杂岩以老挝南部、柬埔寨的含放射虫的硅质沉积为代表。在莫边府断裂带,除偶见有超基性岩出露外,值得注意的是,其西侧石炭—二叠纪的火山—沉积岩带向南接柬埔寨北部的罗文真火山—沉积岩带。该火山—沉积岩带位于斯雷博河结合带的南面,因此,斯雷博河洋向北延伸可与哀牢山洋相接(图2)。

另外,泰国还发育一条难河—程逸结合带,结合带西边发育一条二叠—三叠纪梅曼火山弧带,该火山弧带向北延伸可与老挝西北部沙耶武里和中国景洪以东的东火山弧岩带<sup>[35]</sup>相接,因难河—程逸带西部的石炭—二叠系与老挝北部沙耶武里带的石炭系及中国思茅小黑江河谷一带龙洞河组及其上覆的二叠系有点相像。难河—程逸结合带向南东延伸可接泰国东南部的沙缴结合带<sup>[36,37]</sup>,其梅曼火山弧岩带向南东延伸可与分布在沙缴—贡布结合带东侧的庄他武里—贡布—河仙同时期的火山弧岩带相接<sup>[32,38]</sup>。在贡布—河仙一带,石炭—二叠系发育有玄武岩、安山岩、凝灰岩和硅质岩。二叠纪哀牢山—斯雷博洋向西俯冲,形成墨江—黎府—罗文真火山弧带<sup>[3]</sup>;洋盆闭合于二叠纪末,海西运动造成兰坪—思茅盆地和呵叻盆地一带均缺失早三叠世沉积,昌都盆地江达地区早三叠世沉积不整合在下伏地层之上。印支运动

使得中—上三叠统不整合覆于下伏地层之上,晚三叠世巨厚的含中—巨砾的磨拉石建造则反映造山带(主要是前陆冲断带)的急剧隆升。难河—沙缴—贡布洋可能形成于泥盆纪,闭合于二叠纪末—三叠纪初<sup>[39,40]</sup>,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。这反映了在印支地层区内印支运动是海西运动的继续<sup>[10]</sup>,海西运动表现为洋盆的闭合并开始碰撞,而印支运动则是继海西运动之后一次强烈的碰撞造山作用。印支运动的动力源,除洋盆本身洋壳在深部软流圈下消减俯冲外,也与西部的班公湖—怒江洋和雅鲁藏布江于中生代早中期的强烈扩张产生的侧向挤压有关。

中生界在印支地层区主要发育于一些前陆盆地和裂谷盆地中,总体上属于碰撞造山后期阶段的挤压型前陆盆地和伸展型裂谷盆地沉积。海相沉积主要发育于早中生代,中侏罗世以后,几乎都变为陆相沉积。在老挝会晒—泰国南部一带及越南的一些裂谷盆地中以发育火山岩、叻呵盆地中发育蒸发岩为特征。

越南和老挝三叠系主要分布在裂谷盆地或上叠盆地中,在这些盆地中发育了浅水陆源碎屑岩和碳酸盐岩含煤层沉积(图2),并伴有镁铁质—酸性火山作用及伴生的侵入作用,特别是发育一套碰撞后的钙碱性及高钾质火山岩,反映有地幔物质上涌以及地壳伸展的裂谷作用。该类型裂谷盆地主要有昆嵩地块上的安溪裂谷盆地、色潘—岷港结合带上的 Nong Son 地堑及老挝的桑怒裂谷盆地<sup>[32]</sup>。云南绿春一带的中上三叠统高山寨组的火山—沉积层为桑怒裂谷带的北西延伸,桑怒裂谷带海相中—晚三叠世的灰岩和砂岩广泛分布,并伴生有流纹岩和英安岩<sup>[3]</sup>。老挝北西区也有海相三叠系,但总的来说到晚二叠世已普遍隆升为陆,印支运动的强烈褶皱和隆升形成了遭受强烈侵蚀的山脉带,致使老挝大部分地区均被晚三叠世到白垩纪的这些侵蚀的碎屑沉积所形成的陆相和海陆交互的砂岩和砾岩所覆盖。

泰国呵叻高原或呵叻盆地北西边缘,晚三叠系主要是呵叻群<sup>[41]</sup>下部的第一、二组(Huai Hin Lat 组和 Nan Phong 组),为一套砾岩、砂岩和页岩的陆相红层,底部具底砾岩。呵叻群的第三、四、五组即 Phu Kradung 组、Phra Wihan 组和 Sao Khua 组为侏罗系,为一套红色砂岩和粉砂岩,仅上部出现砾岩,



粒度较三叠系要细,含恐龙化石。呵叻群的六、七、八组为白垩系,即 Phu Phan 组、Khok Kruat 组和马哈沙拉堪(Maha Sarakhan)组。六、七组为红色砂岩、页岩和砾岩,Phu Phan 组含恐龙化石,Khok Kruat 组含恐龙、淡水鲨鱼,时代为早白垩世(阿普特期)。马哈沙拉堪组为红色泥砂岩、页岩,含岩盐;是重要的钾盐层位。呵叻盆地是一个中生代上叠盆地,沉积演化与思茅—彭世洛盆地相似。

滇西兰坪—思茅地区晚三叠世末—早侏罗世,由于受中特提斯关闭引起的造山运动的影响,下侏罗统普遍缺失(图 3)。从中侏罗世开始,盆地再次下沉,除初期有短暂的海相沉积外,中侏罗中晚期—白垩系均为一套河、湖相红色碎屑的陆相沉积。下白垩统景星组平行不整合在上侏罗统坝注路组之上,底部常见砾岩,可见冲刷面,生物组合与侏罗纪有明显区别,该平行不整合面反映了燕山运动构造事件。

印支地层区内白垩系与侏罗系密切伴生,大量发育于盆地中,上白垩统一一般为陆相红色含盐岩系,在老挝万象平原(Thangon 群)、泰国呵叻高原及彭世洛以北地区的呵叻群顶部(Maha Sarakhan 组)上白垩统为红层含盐和石膏的沉积,具有很大的开发价值。柬埔寨上丁—越南大叻地区及越南的秀丽坳陷白垩系则以酸性火山—沉积岩层为特征。印支地层区古近—新近纪以来的地层主要分布在大的坳陷和河流谷地中,如河内坳陷、湄公河下游坳陷。古新统具很好的膏盐沉积;新近纪在分散的山间盆地内堆积含煤地层,越南长山带中新统洞海(Donghoi)组为高岭土沉积,上新统在昆嵩地区(Kontum 组)和夷灵—保禄高原面上为陆源沉积夹玄武岩,玄武岩的风化壳已形成有经济潜力的红土型铝土矿。

#### (4) 扬子地层区

金沙江—哀牢山—马江结合带以北区域为华南陆块群,主体为中国扬子地台和华南加里东运动褶皱带在越南北部的延伸(图 2)。本文以陆川—斋江结合带为界,将其划分为扬子地层区和华夏地层区(图 1)。扬子地层区主体包括扬子西南被动边缘褶皱带、越北陆块及黑河裂谷带。

鉴于云南金平地区奥陶纪—二叠纪地层与宾川—洱海地区的地层完全可以对比,它实际是扬子陆块西缘宾川—洱海地区的地层被隐伏在点苍山—哀牢山—红河基底逆推带下面的扬子陆块南缘边界红河左行走滑断裂错移,后被基底逆推带分隔所致。

而金平地区的地质体与越南北部黑河(或和平)带的地质体直接相连。因此,将金平—黑河带划归扬子陆块西南缘古生代被动边缘带范畴<sup>[10]</sup>,后被红河左行断裂错移而至现在的位置。

扬子地层区的主要特点:①基底具有二层结构:古元古界结晶基底,包括哀牢山群、大红山群等;中—新元古界褶皱基底,如昆阳群<sup>[42]</sup>、会理群<sup>[43]</sup>、苍山群、盐边群<sup>[44-45]</sup>;②二叠纪发育有广泛分布的峨眉山玄武岩;③西缘和南缘分别发育甘孜—理塘小洋盆和金平—黑河及右江裂谷盆地<sup>[46]</sup>;接受了晚古生代洋盆和裂谷盆地沉积及中—晚中生代盖层和煤系沉积。④受加里东运动影响,在其东南被动边缘带还发育一套早古生代的碎屑复理石沉积,并被泥盆系整合覆盖。

扬子地块中元古界在滇东及黔西北称昆阳群<sup>[42]</sup>,在川西南地区为会理群,为一套变质碎屑岩及碳酸盐岩夹火山岩(图 3)。其底部与康定杂岩接触关系不清,震旦系下统下部缺失,上部澄江组不整合覆盖在会理群之上,震旦系上统的南陀冰碛岩组平行不整合于澄江组之上。

越南西北部区的黄连山地块东南段呈狭长条带状出露新太古代 Carinh 片麻杂岩相当于扬子西缘晚太古代的康定杂岩。在黄连山地块的红河带(红河和斋江断裂带间),古—中元古界由陆源的、少量碳酸盐岩的变沉积岩和镁铁质火山岩(源于边缘海)组成,沿断裂带分布有镁铁质和超镁铁质侵入体<sup>[47]</sup>。Phan Cu Tien 等<sup>[48]</sup>称其为红河杂岩(列入未分的元古宇)。黄连山地块红河断裂南西的番西邦带叫 Posen 杂岩<sup>[49]</sup>,是云南哀牢山深变质带的东南延伸,主要特征是变沉积岩层盖在正片麻岩“基底”上。变质岩年龄与红河杂岩时代相近,被新元古—早寒武世 Sapa 组低级变质岩所覆。

位于马江复背斜核部的莱州—清化断隆带,新元古代—早寒武世统称南柯(Nam Co)组,为富云母的泥质片岩层。莱州—清化断隆带主要发育一套变质的、下部为陆源碎屑岩、镁铁质火山岩,上部为碳酸盐岩—陆源碎屑岩夹中酸性火山岩组合,变质程度达绿片岩—角闪岩相。在越北地块区,新元古—早寒武世斋江(Songchay)组为二云片岩,片麻岩和石英石,寒武系为云母—石英—绿泥石片岩,在北光和斋江河谷还发育以蛇纹岩为代表的超镁铁质岩,这些绿片岩和超镁铁质侵入体被认为是蛇绿混杂岩



组合<sup>[32]</sup>。李兴振等<sup>①</sup>认为这套新元古界—寒武系很可能是一套消减杂岩,为华南洋消减闭合的产物,并与马江带和马江复背斜带在地层上有一定的可比性。

而在扬子陆块东南部被动边缘带,从新元古代<sup>[49-53]</sup>到早古生代沉积了一套巨厚的碎屑复理石(浊积岩),从沉积物粒度由南东向北西逐渐变细来看,物源来自南东部的云开陆块或华夏陆块。正是由于物源来自南东部,向西粒度变细,加之北西部扬子地台已接受西部龙门山一带的物源,及受江南水下古岛弧带的阻隔,致使在赣西北萍乡—湖南衡阳—广西桂林一带形成一狭长的饥饿盆地,沉积了一套深海相的硅质泥质灰岩,因未发现洋壳型玄武岩,震旦纪—古太古代该带存在洋盆的可能性不大。这套从元古宙到古太古代的复理石沉积是在加里东运动时褶皱造山的,其上为泥盆系所不整合覆盖。正因如此,扬子地台东南部的地壳结构具有华夏型的某些特征,即泥盆系作为盖层盖在加里东褶皱带上。

上古生界在扬子地台的川滇黔地区以厚层碳酸盐岩为主,夹有不厚的碎屑岩,其中部分为陆源沉积。二叠系普遍发育峨眉山玄武岩系<sup>[17]</sup>(图3)。在红河断裂带以北的越北地块,下泥盆统为一套陆源(相)碎屑—火山沉积的造山杂岩<sup>[54]</sup>,在高平、北件、凉山隆起带上,简单褶皱的早泥盆世红层不整合在强烈褶皱的奥陶纪—志留纪地层之上,这一点与广西地区相似。但在黑河下游盆地和马江河谷,下泥盆统为海相页岩,与志留系为连续沉积,这与云南墨江—金平一带相似。马江带南北两侧泥盆系在岩性及化石方面均可对比。

越南北部、西北部及北部沿岸区,石炭系为厚层灰岩,含大量的腕足、珊瑚和海百合等化石。上石炭统一二叠系以火山—陆源、碳酸盐岩建造为特征。北部地区上二叠统同登(Dongdang)群为碳酸盐陆源沉积夹煤和铝土矿层<sup>[5]</sup>。值得注意的是,黑河裂谷带早石炭世发育一套玄武岩夹陆源碎屑岩和硅质岩,上二叠—下三叠统为镁铁质火山岩夹陆源碎屑岩,中三叠统浅水陆源碎屑岩和碳酸盐岩沉积,上三叠统含煤磨拉石陆源碎屑沉积,这和甘孜—理塘带相似。扬子西南缘盐源、丽江和渡口一带晚二叠世发育苦橄岩和峨眉山玄武岩,也可以和黑河带对应,他们都与峨眉山幔柱的活动有关。

扬子地块中生界以碎屑岩沉积为主(图3)。三叠系下统为陆相—海相红色碎屑岩,中统以碳酸盐岩为主,上统为海相—海陆交互碎屑岩,有的地方上统含煤层,在滇中上三叠统直接覆于元古宇或古生界之上。侏罗系、白垩系为巨厚的陆相红色碎屑岩。

越北地区下一中三叠统为酸性火山岩的火山成因的沉积。中三叠统在越北为陆源沉积夹灰岩,在西北部由灰岩、陆源钙质沉积和镁铁质火山岩组成。中—上三叠统在越北和北西部均以拉丁—卡尼阶的陆源沉积为特征。上三叠统诺利—瑞替克期在越南以含煤层为特征,西北部 Suoibang 群下部为陆源沉积和灰岩,上部为陆源沉积夹煤质页岩、煤层,产菊石和鸿基型植物及一些双壳类化石。这与思茅盆地中含煤的挖鲁八组—麦初箐组可以对比。

侏罗系在越南北部和西北部区为红色陆相沉积<sup>[32]</sup>。西北部下一中侏罗统沉积整合在含煤的上三叠统岩层之上,其余地区则不整合在老地层之上。西北部还发育上侏罗统一白垩系火山成因—沉积型的 Vanchan 组,主要分布在秀丽(Tule)拗陷(秀丽杂岩),火山岩为中酸性岩。上白垩统属于侏罗—白垩系红色陆相层序的上部;仅在西北部为含盐的红色陆相沉积,不整合在不同时代老地层之上<sup>[32]</sup>。

新生界在扬子地层区整体以湖—陆相含煤(含盐)的碎屑沉积为主<sup>[10]</sup>,主要分布在盆地中。越南北西北部古近系还发育夫阐组(Putra)碱性火山岩,不整合在白垩纪老地层之上。

#### (5) 华夏地层区

本文研究华夏地层区只涉及陆川—斋江结合带南东的桂西至海南岛和云开—姑苏岩浆弧带。云开—姑苏岩浆弧带是形成于加里东期俯冲—碰撞活动大陆边缘的火山岩浆弧,应为华南洋向南东俯冲形成的岩浆弧带,形成于寒武—奥陶纪的郁南运动,表现为云开地区的隆升和中酸性岩浆活动、热事件和混合岩化作用。

总体来看,华夏地层区的地层特征是:具有早元古代结晶基底和中元古—下古生界的褶皱基底和泥盆系的沉积盖层。与扬子地台相比,其地层发育和演化历史明显不同,扬子地台稳定于晚古生代,而华夏陆块早古生代为海槽演化阶段,加里东运动之后泥盆纪时才出现台地型盖层,且还不十分稳定,到中生

①李兴振,等.东南亚五国地质矿产(项目报告),2007.

代又发生裂谷作用。

海南岛的地层以东西向的九所—陵水断裂为界一分为二,北部为五指山地区层亚区,南部为三亚地区层亚区。五指山地区层亚区出露最老地层为中元古代抱板群变质岩,新元古代石碌群含铁岩系不整合覆于其上,向上依次为寒武系—奥陶系—下志留统,均为被动边缘沉积,石炭—二叠系为活动边缘型沉积,产华南常见的腕足类、双壳类和植物化石,下中部有双峰式火山岩<sup>[5]</sup>,之上为白垩系、新近系—第四系。三亚地区层亚区也仅发育下—中寒武统、奥陶系、下白垩统、新近系—第四系。三亚地区的寒武系、奥陶系碎屑岩、碳酸盐岩属稳定型台缘盆地沉积,中寒武统大茅组夹含磷层系,所含化石可与澳大利亚昆士兰地区的科伦特组对比。海南岛岩浆岩分布广泛,占全岛面积的53%,以侵入体为主,海西和印支期形成完整的侵入序列,从镁铁质岩演化到中酸性和酸性岩类,属壳源、S型;燕山期岩浆岩具钙碱性系列演化趋势,岩浆源相对较深;喜山期则以断裂活动和大规模基性岩浆喷发为主要特征<sup>[56]</sup>。

海南岛昌屯地区发现了科马提岩,呈NNE向长条带状产出,其形成时代可能为太古宙—元古宙<sup>[57]</sup>,高天钧等<sup>[58]</sup>厘定了河口—昌屯蛇绿混杂岩(199~263 Ma),暗示着与古特提斯洋的演化密切相关,将其称河口—昌屯结合带,李兴振等认为该蛇绿混杂岩带与老挝色潘—越南三岐结合带属于同一结合带,其间被红河断裂带向东南延伸至北部湾后左行错断。因此,色潘—三岐结合带以北的长山陆块与华夏陆块属于同一陆块,而南侧的昆嵩陆块与海南三亚一带及南海北部应属于另一陆块。河口—昌屯结合带的存在说明有一个与北面华南海大致平行展布的洋盆存在。

### 3 结 论

(1) 东南亚中南半岛五国大地构造上是中国西南三江和华南地区向南的延伸,相同构造南北延伸区域的沉积演化历史也相似。

(2) 依据构造演化特征、沉积岩石组合及古生物群特征,结合前人研究结果,研究区分五大地层区。澜沧江—清莱—劳务结合带为南方冈瓦纳大陆群和北方劳亚大陆群的界线,该带以西的滇缅马地层区晚古生代沉积表现为冰海沉积和冷水型生物,以东的印支地层区生物群则表现为特提斯型和华夏

型。

(3) 研究区地质构造复杂,具有长期的演化历史和多次的重大构造事件。伴随着原、古特提斯金沙江—哀牢山—马江洋(和可能与之相连的华南海);古特提斯澜沧江洋、昌宁—孟连洋、难河—程逸洋、甘孜—理塘洋;中特提斯班公湖—怒江—三台山洋、葡萄—密支那洋以及属于雅鲁藏布江洋南延的印缅山脉洋的打开、俯冲闭合、碰撞造山,依次出现了加里东、海西—印支、燕山、喜山等构造运动,及与其相关的岩浆活动和变质变形作用。其中,印支运动可看作是古特提斯金沙江—哀牢山—马江洋和澜沧江洋由俯冲闭合到碰撞造山的海西运动的延续,二者为俯冲到碰撞造山的一个连续过程。其动力源除洋盆本身洋壳在深部软流圈下俯冲消减外,也与西部的班公湖—怒江洋和雅鲁藏布江于中生代早中期的强烈扩张产生的侧向挤压有关。

(4) 从沉积演化历史来看,5个地层区间又各具特点,对构造事件的反映也不一样。早古生代的加里东运动只反映在东部的印支、扬子和华夏地层区;晚古生代南北两大陆群处在相对较稳定的时期,滇缅马、印支及扬子地层区都沉积了厚的碳酸盐岩,海西运动的影响由澜沧江—清莱—劳勿结合带向两边递减;中生代的印支和燕山运动影响到整个中南半岛,使滇缅马地层区和印支地层区的部分陆块隆升而缺失沉积,西部的印度和滇缅马地层区以碎屑岩夹碳酸盐岩为主,而东部的印支和扬子地层区几乎都变成了陆相的碎屑岩沉积,扬子地台的西南和东南缘中生代发生强烈褶皱;新生代的喜山运动使印度地层区的缅甸西部完成了沉积的海陆转换并最终形成了阿萨姆—若开前渊带,向东影响变弱,主要是陆内走滑。

总的来说,研究区的沉积演化、不同地史阶段的洋陆转换过程十分复杂,尚有很多问题需要进一步的研究和探讨。

### 参考文献(References):

- [1] Sengör A M C. Plate tectonics and orogenic research after 25 years: A Tethyan perspective [J]. *Tectonophysics*, 1991, 187:315-344.
- [2] 李兴振,刘增乾,潘桂棠,等.西南三江地区构造单元划分及地史演化[M].中国地质科学院成都地质矿产研究所所刊(13),北京:地质出版社,1991:1-150.
- Li Xingzhen, Liu Zengqian, Pan Guitang, et al. Tectonic Units Division and Evolution History of Three-river Region in

- Southwest China [M]. The Institute Journal of Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Beijing: Geological Publishing House, 1991: 13, 1–150 (in Chinese with English abstract).
- [3] Phan Cu Tien, Le Duc An, Le Duy Bach, et al. Geology of Cambodia, Laos and Vietnam (Explanatory to the geological map Cambodia, Laos and Vietnam at 1:1000000 scale), and edition, published by the Geological Survey of Vietnam, 1991. 1–158.
- [4] Lepvrier C, Maluski H, et al. The Early Triassic Indosinian orogeny in Vietnam (Truong Son Belt and Kontum Massif): Implications for the geodynamic evolution of Indochina [J]. Tectonophysics, 2004, 393: 87–118.
- [5] Sone M, Metcalfe I. Parallel Tethyan sutures in mainland Southeast Asia: New insights for Palaeo–Tethys closure and implications for the Indosinian orogeny [J]. Geoscience, 2008, 340: 166–179.
- [6] Fan Powfoong, Ko Ko. Accreted terranes and mineral deposits of Myanmar [J]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1994, 10(1/2): 95–100.
- [7] Mitchell A H G. The Shan Plateau and Western Burma: Mesozoic–Cenozoic plate boundaries and correlations with Tibet [J]. Tectonic Evolution of the Tethyan Region, Edited by Sengor, 1989: 567–583.
- [8] ESCAP. Atlas of Mineral Resources of the ESCAP Region. Geology and Mineral Resources of Myanmar, United Nations, New York. 1996, 12.
- [9] 李兴振, 刘文均, 王义昭, 等. 西南三江地区特提斯构造演化与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 1–200.
- Li Xingzhen, Liu Wenjun, Wang Yizhao, et al. The Tectonic Evolution of the Tethys in Three Rivers Area, Southwestern China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999: 1–200 (in Chinese with English abstract).
- [10] 李兴振, 江新胜, 孙志明, 等. 西南三江地区碰撞造山过程[M]. 北京: 地质出版社, 2002, 1–213.
- Li Xingzhen, Jiang Xinsheng, Sun Zhiming, et al. The Collisional Orogenic Process of the Nujiang–Lancangjiang– Jinshajiang Area, Southwestern China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002, 1–213 (in Chinese with English abstract).
- [11] Metcalfe I. Gondwana dispersion and Asian accretion [J]. Proceedings of the IGCP Symposium on Geology of SE Asia, Hanoi, XI/1995.
- [12] 刘增乾, 李兴振, 叶庆同, 等. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律[M]. 北京: 地质出版社, 1993, 1–240.
- Liu Zengqian, Li Xingzhen, Ye Qingtong, et al. Division of Tectono–Magmatic Zones and the Distribution of Deposits in the Sanjiang Area (Nujiang –Lancangjiang –Jinshajiang Area) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993, 1–240 (in Chinese).
- [13] Charusiri P, Kosuwan S, Imsamut S. Tectonic evolution of Thailand: From Bunopas (1981)’s to a new scenario, Proceedings of the International conference on stratigraphy and tectonic evolution of Southeast Asia and the South Pacific [C]. Edited by Dheeradilok P, et al. 1997.
- [14] Metcalfe I. The Bentong–Raub Suture Zone [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2000, 18(6): 691–712.
- [15] Cocks L R M, Fortey R A, Lee C P. A review of Lower and Middle Palaeozoic biostratigraphy in west peninsular Malaysia and southern Thailand in its context within the Sibumasu Terrane [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2005, 24(6): 703–717.
- [16] Barley M E, Pickard A L. Jurassic to Miocene magmatism and metamorphism in the Mogok metamorphic belt and the India – Eurasia collision in Myanmar [J]. Tectonic, 2003, 22(3): 4–11.
- [17] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990: 1–728.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province. Regional Geology of Yunnan Province [M]. Beijing: Geological Publishing house, 1990: 1–728 (in Chinese).
- [18] 崔克信, 等. 中国西南区域古地理及其演化图集[M]. 北京: 地震出版社, 2004: 1–513.
- Cui Kexin, et al. Regional Palaeogeography and its Evolution Atlas of Southwestern China [M]. Beijing: Seismological Press, 2004: 1–513 (in Chinese).
- [19] 王义昭, 李兴林, 段丽兰, 等. 三江地区南段大地构造与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 2000: 1–158.
- Wang Yizhao, Li Xinglin, Duan Lilan, et al. Geotectonics and Metallogeny in the South Nujiang –Lancang –Jinsha Rivers Area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000: 1–158 (in Chinese with English abstract).
- [20] Mitchell A H G. Late Permian–Mesozoic events and the Mergui Group Nappe in Myanmar and Thailand [J]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1992, 7(2/3): 165–178.
- [21] Mantajit N. Stratigraphy and tectonic evolution of Thailand, Proceedings of the International conference on stratigraphy and tectonic evolution of southeast Asia and the south pacific. Edited by Dheeradilok P, et al. 1997.
- [22] Hutchison C S. The palaeo–Tethyan and Indosinian orogenic system of Southeast Asia [J]. Tectonic Evolution of the Tethyan Region, edited by Sengor, 1989, 585–643.
- [23] 王小娟, 王向东, 李文忠, 等. 滇西保山、泰国西部和南部及澳大利亚悉尼盆地的冈瓦纳相二叠系对比[J]. 地层学杂志, 2004, 28(4): 336–342.
- Wang Xiaojuan, Wang Xiangdong, Li Wenzhong, et al. Correlation of Gondwana Permian strata in Baoshan of western Yunnan, western and southern Thailand, and southern Sydney basin of Australia [J]. Journal of Stratigraphy, 2004, 28(4): 336–342 (in Chinese with English abstract).
- [24] Veevers J J, Tewari R C. Permian–Carboniferous and Permian–Triassic magmatism in the rift zone bordering the Tethyan margin of southern Pangea [J]. Geology, 1995, 23(5): 467–470.
- [25] 金小赤, 黄浩, 沈阳, 等. 滇西保山地块中–晚二叠世地层划分、对比现状和问题[J]. 地球学报, 2008, 29(5): 533–541.
- Jin Xiaochi, Huang Hao, Shen Yang, et al. Subdivision and correlation of Mid–Late Permian successions of the Baoshan Block,



- Western Yunnan: Status and problems [J]. *Acta GeoScientica Sinica*, 2008, 29(5):533–541 (in Chinese with English abstract).
- [26] Jin Xiaochi. Permo–Carboniferous sequences of Gondwana affinity in southwest China and their paleogeographic implications [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2002, 20, 633–646.
- [27] Ueno K. The Permian fusulinoid faunas of the Sibumasu and Bao shan Blocks: heir implications for the paleogeographic and paleoclimatologic reconstruction of the Cimmerian Continent [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2003, 193:1–24.
- [28] Feng Qinglai, Kitsana Malila, Nutthawut Wonganan, et al. Permian and Triassic radiolaria from Northwest Thailand: Paleogeographical implications [J]. *Revue de micropaleontologie*, 2005, 48:237–255.
- [29] Feng Qinglai, Helmcke D, Chonglakmani C, et al. Early Carboniferous radiolarians from Northwest Thailand: Palaeogeographical implications [J]. *Palaeontology*, 2004, 47(2): 377–393.
- [30] Curran J R. Tectonics and history of the Andaman Sea region [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2005, 25(1):87–232.
- [31] ESCAP. in Cooperation with the General Department of Mines and Geology of Viet Nam. Atlas of Mineral Resources of the ESCAP Region, Viet Nam [C]. Explanatory Brochure, United Nations, New York. 1990. 6.
- [32] Le Van De. Outline of plate–tectonic evolution of continental crust of Vietnam, Proceedings of the International conferences on stratigraphy and tectonic evolution of southeast Asia and the South Pacific [C]. Edited by Dheeradilok P, et al. 1997.
- [33] Janvier P, Tong –Dzuy Thanh, Ta Hoa Phoung, et al. The Devonian Vertebrates (Placodermi, Sarcopterygii) from central Vietnam and their bearing on the Devonian Palaeogeography of Southeast Asia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 1997, 15(4/5): 393–406.
- [34] Chuaviroj S. Outline of the tectonic evolution of Thailand, Proceedings of the tectonical conference on development geology for Thailand into the year 2000 [C]. Edited by Charusiri, et al. 1992.
- [35] Yang Kaihui, Mo Xuanxue, Zhu Qinwen. Tectono–Volcanic belts and late Paleozoic –early Mesozoic evolution of Southwestern Yunnan, China [J]. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*. 1994, 9(4):245–262.
- [36] Charusiri P. Excursion guidebook geological investigation on northern Thailand region, Department of Geology, Faculty of science Chulalongkorn university in cooperation with Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Thailand. 1996.
- [37] Wakita K, Metcalfe I. Ocean Plate Stratigraphy in East and Southeast Asia [J]. *Journal of Asian Earth Science*, 2005, 24(6): 679–702.
- [38] Barr S M. Petrology and tectonic implication of Upper Palaeozoic volcanic rocks of the Chiang Mai belt, Northern Thailand [J]. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 1990, 4(1):37–47.
- [39] Hada S, Bunopas S. Terrane analysis and tectonics of the Nan–Chanthaburi suture zone, Proceedings of the International conference on stratigraphy and tectonic evolution of Southeast Asia and the South Pacific [C]. Edited by Dheeradilok, P. et al, 1997, 1:303, Bangkok, Thailand.
- [40] Singharajwarapan S, Berry R F. Structural analysis of the accretionary complex in Sirikit Dam area, Uttaradit, Northern Thailand [J]. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 1993, 8(1/4):233–245.
- [41] Racey A. Late Jurassic collision in Northern Thailand and the significance of the Khorat Group. proceedings of the International conference on stratigraphy and tectonic evolution of Southeast Asia and the South Pacific [C]. Edited by Dheeradilok, P, et al, 1997.
- [42] 孙志明, 尹福光, 关俊雷, 等. 云南东川地区昆阳群黑山组凝灰岩锆石 SHRIMP U–Pb 年龄及其地层学意义 [J]. *地质通报*, 2009, 28(7): 896–900.
- Sun Zhiming, Yin Fuguang, Guan Junlei, et al. SHRIMP U–Pb dating and its stratigraphic significance of tuff zircons from Heishan Formation of Kunyang Group, Dongchuan area, Yunnan Province, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28(7): 896–900 (in Chinese with English abstract).
- [43] 耿元生, 杨崇辉, 王新社, 等. 扬子地台西缘变质基底演化 [M]. 北京:地质出版社, 2008, 1–215.
- Geng Yuansheng, Yang Chonghui, Wang Xinshe, et al. The Evolution of Metamorphic Base on the Western Margin of the Yangtze [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008, 1–215 (in Chinese).
- [44] Zhou Meifu, Ma Yuxiao, Yan Danping, et al. The Yuanbian terrane (Southern Sichuan province, SW China): a Neoproterozoic arc assemblage in the western margin of the Yangtze block [J]. *Precambrian Research*, 2006, 144:19–38.
- [45] Li X H, Li Z .X, et al. Revisiting the “Yanbian Terrane”: Implications for Neoproterozoic tectonic evolution of western Yangtze Block, South China [J]. *Precambrian Research*, 2006, 151:14–30.
- [46] 陈从林, 史晓颖. 右江盆地晚古生代深水相地层沉积构造演化 [J]. *中国地质*, 2006, 33(2):436–443.
- Chen Conglin, Shi Xiaoying. Sedimentary and tectonic evolution of Late Paleozoic deep–water strata in the Youjiang basin [J]. *Geology in China*, 2006, 33(2):436–443 (in Chinese with English abstract).
- [47] Lan Ching Ying, Chung Sun Lin, Shen Jason Jiun San, et al. Geochemical and Sr–Nd isotopic characteristics of granitic rocks from northern Vietnam [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2000, 18(3): 267–280.
- [48] Wang Peiling, Lo Chinghua, Lan Ching Ying, et al. Thermochronology of the Po Sen complex, northern Vietnam: Implications for tectonic evolution in SE Asia [J] *Journal of Asian Earth Sciences*, 2011, 40(5):1044–1055.
- [49] Wang Xiaolei, Zhou Jincheng, Qiu Jiansheng, et al. LA–ICP–MS U–Pb zircon geochronology of the Neoproterozoic igneous rocks from Northern Guangxi, South China: Implications for tectonic evolution [J]. *Precambrian Research*, 2006, 145, 111–130.

- [50] Wang Xiaolei, Zhou Jincheng, Griffin W L, et al. Detrital zircon geochronology of Precambrian basement sequences in the Jiangnan orogen: Dating the assembly of the Yangtze and Cathaysia Blocks [J]. *Precambrian Research*, 2007, 159, 117–131.
- [51] 周金城, 王孝磊, 邱检生. 江南造山带是否格林威尔期造山带?——关于华南前寒武纪地质的几个问题 [J]. *高校地质学报*, 2009, 14(1): 64–72.
- Zhou Jincheng, Wang Xiaolei, Qiu Jiansheng. Is the Jiangnan Orogenic Belt a Grenvillian Orogenic Belt? Some Problems about the Precambrian Geology of South China [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2009, 14(1): 64–72 (in Chinese with English abstract).
- [52] 高林志, 杨明桂, 丁孝忠, 等. 华南双桥山群和河上镇群凝灰岩中的锆石 SHRIMP U–Pb 年龄——对江南新元古代造山带演化的制约 [J]. *地质通报*, 2008, 27(10): 1744–1751.
- Gao Linzhi, Yang Minggui, Ding Xiaozhong, et al. SHRIMP U–Pb zircon dating of tuff in the Shuangqiaoshan and Heshangzhen groups in South China: constraints on the evolution of the Jiangnan Neoproterozoic orogenic belt [J]. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(10): 1744–1751 (in Chinese with English abstract).
- [53] 高林志, 张传恒, 刘鹏举, 等. 华北–江南地区中、新元古代地层格架的再认识 [J]. *地球学报*, 2009, 30(4): 433–446.
- Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Liu Pengju, et al. Recognition of Meso– and Neoproterozoic stratigraphic framework in North and South China [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2009, 30(4): 433–446 (in Chinese with English abstract).
- [54] Hanski E, Walker R J, Huhma H, et al. Origin of the Permian–Triassic komatiites, northwestern Vietnam [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 2004, 147(4): 453–469.
- [55] 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等. 中国大地构造单元划分 [J]. *中国地质*, 2009, 36(1): 1–28.
- Pan Guitang, Xiao Qinghui, Lu Songnian, et al. Subdivision of tectonic units in China [J]. *Geology in China*, 2009, 36 (1): 1–28 (in Chinese with English abstract).
- [56] 宜昌地质矿产研究所, 海南省地质矿产局. 海南岛地质, (一) 地层古生物 [M]. 北京: 地质出版社, 1992: 1–340.
- Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Bureau of Geology and Mineral Resources of Hainan Province. *Geology of Hainan Island—Stratigraphy and Paleontology* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992: 1–340 (in Chinese).
- [57] 陈慧芳. 海南岛前寒武纪结晶基底和科马提岩的发现 [J]. *大地构造与成矿*, 1991, 1(15): 62–62.
- Chen Huifang. Discovery of the old crystalline basement and komatiite on Hainan island [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 1991, 1(15): 62–62 (in Chinese with English abstract).
- [58] 高天钧, 王振民, 吴克隆, 等. 台湾海峡及其周边地区构造岩浆演化与成矿作用 [M]. 北京: 地质出版社, 1999: 1–203.
- Gao Tianjun, Wang Zhenmin, Wu Kelong, et al. *Tectonic – Magmatic Evolution and Mineralization of Taiwan Strait and Its Surrounding Areas* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999: 1–203 (in Chinese).

## Stratigraphic zoning and tectonic events in Indochina and adjacent areas of southwest China

SHI Mei–feng, LIN Fang–cheng, LI Xing–zhen, LING Xiao–ming, SHI Hong–zhao

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** Based on a comparative study of southwest China and neighboring Myanmar, Thailand, Cambodia, Laos and Vietnam as well as an investigation of the tectonic evolution as well as sedimentary and paleontological features, the authors divided the whole study region into five stratigraphic zones, i.e., the India zone belonging to Gondwana type, the Yunnan–Myanmar–Malaysia pro–Gondwana transitional zone, the Indochina pro–South China transitional zone, the Yangtze zone and the Cathaysian zone belonging to Laurasia. The basic characteristics of each zone are discussed, the sedimentary evolution is comparatively studied, and the important regional tectonic events and ocean basin evolution are dealt with in detail.

**Key words:** stratigraphic zoning; sedimentary evolution; Southeast Asia; Myanmar; Thailand; Laos; Cambodia; Vietnam

**About the first author:** SHI Mei–feng, female, born in 1984, assistant engineer, mainly engages in sedimentary geology research; E–mail: shimeifeng–1204@163.com.