

doi: 10.13745/j.esf.2016.06.002

# 中国洋板块地层分布及构造演化

张克信<sup>1,2</sup>, 何卫红<sup>1</sup>, 徐亚东<sup>1</sup>, 骆满生<sup>1</sup>, 宋博文<sup>2</sup>, 寇晓虎<sup>2</sup>, 张智勇<sup>3</sup>, 肖庆辉<sup>3</sup>, 潘桂棠<sup>4</sup>

1. 中国地质大学(武汉) 生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北 武汉 430074

2. 中国地质大学(武汉) 地质调查研究院, 湖北 武汉 430074

3. 中国地质调查局, 北京 100037

4. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082

ZHANG Kexin<sup>1,2</sup>, HE Weihong<sup>1</sup>, XU Yadong<sup>1</sup>, LUO Mansheng<sup>1</sup>, SONG Bowen<sup>2</sup>,  
KOU Xiaohu<sup>2</sup>, ZHANG Zhiyong<sup>3</sup>, XIAO Qinghui<sup>3</sup>, PAN Guitang<sup>4</sup>

1. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan 430074, China

2. Institute of Geological Survey, China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan 430074, China

3. China Geological Survey, Beijing 100037, China

4. Chengdu Institute of Geology and Minerals Resources, Chengdu 610082, China

**ZHANG Kexin, HE Weihong, XU Yadong, et al. Palaeogeographic distribution and tectonic evolution of OPS in China. *Earth Science Frontiers*, 2016, 23(6): 024-030**

**Abstract:** The classification of the Ocean Plate Strata (OPS) in China has been proposed and the palaeogeographic distribution of the OPS and Neoproterozoic-Cenozoic tectonic evolutions in China have been summarized, based on the idea of tectonic facies analysis and numerous materials used in the editing of the “Sedimentary Tectonic Map of China (1 : 2500000)”. The tectonic evolutions of the six major belts in China have been outlined in this paper. The ocean-continent converting of the Paleo-Asian Ocean in northern China presented diachronous phenomenon from west to east, namely, the converting taking place in the Early-Late Carboniferous in the west, and in the Middle-Late Permian in the east. The Kuanping-Foziling ophiolitic mélange zone is considered as a product of the demise of the ocean between North China and Yangtze. The ocean-continent converting of the Central Orogenic Belt of China happened during the late Late Ordovician along the Qilian-Altun area in the north and took place in the late Early Triassic along the Kunlun-Qinling area in the south. The Longmucuo-Shuanghu, Changning-Menglian, Bangonghu-Nujiang mélange zone in Tibet is regarded as the suture zone between Laurasia and Gondwanaland continents and was formed during the Cambrian to the Early Cretaceous, marking the evolution from the Proto-Tethys to Paleo-Tethys. The Jiangshao-Chenzhou-Qinfang mélange zone is considered as another suture zone, marking the demise of Huanan Ocean between Yangtze Block and Cathay Accreted-Block, and the main collision of them happened in the Late Ordovician to the Early Silurian.

**Key words:** OPS; types of OPS; tectonic evolution; China

**摘 要:**以大地构造相研究为主导,以《中国沉积大地构造图(1:2 500 000)》编图研究平台,对洋板块地层类型进行了初步划分,简述了中国新元古代以来洋板块地层分布及其构造演化规律。本文阐述了北方的古亚洲洋的洋-陆转换从西往东具穿时现象,西部主要在早、晚石炭世之间,东部主要在中、晚二叠世之间;宽坪—佛子岭混杂岩带是华北与扬子之间大洋消亡的产物;中央造山带从北部的祁连—阿尔金到南部的昆仑—秦岭,洋陆转换从北向南依次完成:西昆仑北—阿尔金—祁连—祁曼塔格为晚奥陶世末,西昆仑南—东

收稿日期:2016-03-24;修回日期:2016-06-17

基金项目:中国地质调查局项目(121201004000150013,1212010733802);科学技术部国家重点专项课题(2016YFC0601005)

作者简介:张克信(1954—),男,教授,博士生导师,从事地层学、沉积学和造山带地质研究。E-mail: kx\_zhang@cug.edu.cn

昆仑—秦岭为早三叠世末;青藏高原中部的龙木错—双湖、班公湖—怒江、昌宁—孟连蛇绿混杂岩带一起构成了原—古特提斯大洋连续演化、分阶段增生至最终消亡的对接带,洋壳持续时代自寒武纪—早白垩世;江绍—郴州—钦防混杂岩带是扬子陆块与华夏增生造山系之间华南海最终消亡的对接带,主碰撞期是晚奥陶世—早志留世。

关键词:洋板块地层;地层类型;构造演化;中国

中图分类号:P53;P54 文献标志码:A 文章编号:1005-2321(2016)06-0030-07

造山带结构与演化历程复杂多样,造山带的类型不同,其三维结构与形成机制不同。但各类造山带在演化中存在共同点,就是洋板块的形成与消亡共存于各类造山带的演化历程中,并在洋壳俯冲消亡过程中发生过强烈的构造搬运和构造混杂<sup>[1-2]</sup>。在造山带研究中,如何正确重建造山带混杂岩地层序列是亟待解决的关键问题,为解决此重大问题,国际上洋板块地层学(Ocean Plate Stratigraphy,简称 OPS)应运而生<sup>[3-6]</sup>。国内与之类似的是非史密斯地层学(Non-Smith Stratigraphy,本文简称 NSS)<sup>[7-12]</sup>和构造地层学(Tectonostratigraphy 或 Structure Stratigraphy,本文简称 TSS)的提出与兴起<sup>[13-15]</sup>。无论是 OPS、NSS,还是 TSS,其共同目标旨在通过对造山带无序的混杂岩地层序列的精细重造,恢复造山带组成、结构、形成和演化历程。

本文以大地构造相研究为主导<sup>[16-19]</sup>,以《中国沉积大地构造图(1:2 500 000)》编图<sup>[2]</sup>为平台,对洋板块地层类型进行了初步划分,简述了中国新元古代以来洋板块地层分布及其构造演化。

1 洋板块地层概念及类型划分

洋板块地层(学)是通过在日本造山带增生杂岩的识别和研究命名的<sup>[3]</sup>,是泛指发育在造山带中的、洋板块从它最初在洋中脊形成,一直到海沟发生俯冲作用,于洋盆(包括边缘海盆)形成与闭合过程中形成的(增生杂岩)地层。Kusky 等<sup>[5]</sup>系统总结了全球各时代造山带的 OPS 调查研究现状,并把 OPS 定义为大洋岩石圈从洋中脊一直到海沟俯冲带之间形成的基底火成岩序列,以及洋底基底序列之上由沉积岩和火山岩组成的盖层序列。本文采用 OPS 的最初定义<sup>[3]</sup>。从 Isozaki 等<sup>[3]</sup>对 OPS 的定义中表明,OPS 主要由洋盆和活动陆缘两大类地层建造组成<sup>[3]</sup>。洋盆大类进一步划分出洋中脊海岭类、深海平原类、海山类和洋内弧类。活动陆缘大类进一步划分出俯冲增生楔类、弧前盆地类、火山岛弧类、弧背盆地类、弧间盆地类和弧后盆地类(图 1)。值得注意的是,在 Isozaki 等<sup>[3]</sup>和 Kusky 等<sup>[5]</sup>的 OPS 地

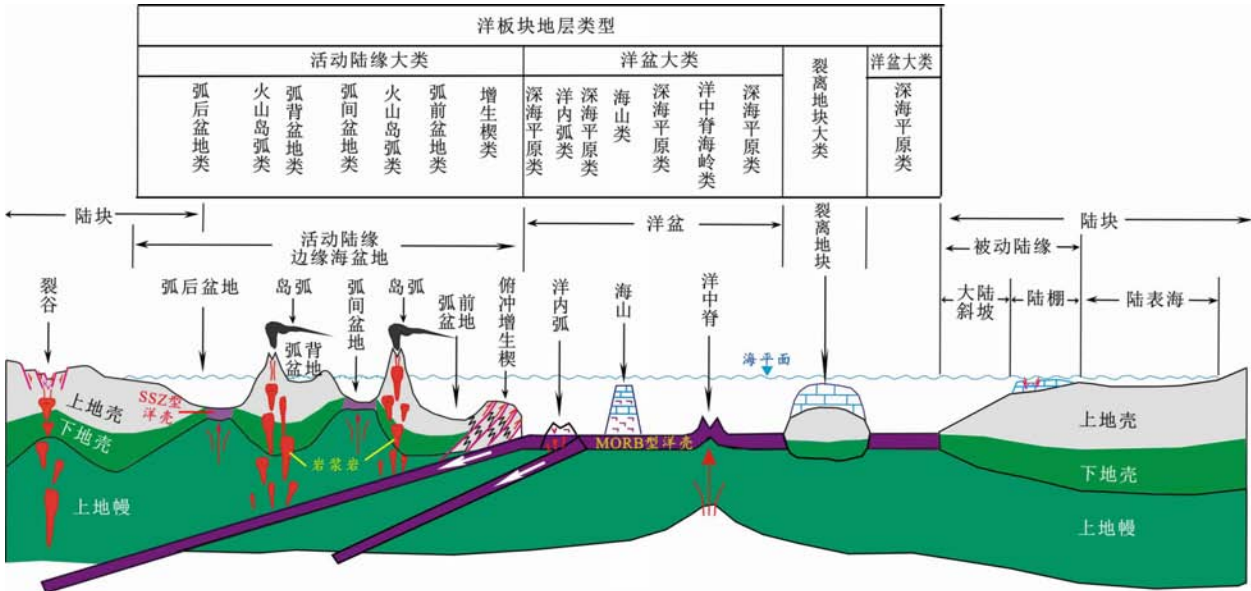


图 1 洋板块地层类型及形成构造环境划分示意图  
(据文献[3,5,11])

Fig. 1 The classification and tectonic environments of OPS

层模型中缺失了裂离地块(等同于微陆块或地体)。本文在 OPS 地层内增加第三大类地层建造—裂离地块地层,如中国北方的中亚造山带在古亚洲洋形成演化期间,洋内曾分布许多大大小小的裂离地块,大型的如额尔古纳、阿尔泰、锡林浩特、兴安岭、松嫩、佳木斯地块<sup>[2]</sup>,这些地块在洋盆汇聚关闭过程中,被混入到由洋盆内洋壳(蛇绿岩)和深海—半深海等物质建造形成的增生杂岩带内;较大规模裂离地块的本地层常以有序的滨浅海或陆相沉积建造为主。

OPS 和 NSS 的提出,增强了对洋壳的识别标志,要更多地从洋发育所形成的所有物质建造中去识别洋壳<sup>[2-5]</sup>。造山带曾经历过多期复杂的裂解与拼合演化历程;在造山带洋盆俯冲消亡、碰撞和陆内造山阶段,造山带地层体发生过强烈的构造混杂和构造搬运;在消减板块沿俯冲带下潜过程中,先前在盆地中形成的远洋沉积和浊积岩(基质)、滑塌作用产生的同沉积岩块、火山弧与洋壳建造(蛇绿岩),与早先裂解的陆壳碎片等最终一并带入俯冲带内遭受剪切,发生构造混杂。在俯冲带形成的混杂岩地层体主要由两部分构成:经强烈构造剪切作用的基质(浊积岩和远洋沉积)和混入的多种原地和外来岩片(块)。混杂岩地层中的基质和各类岩块(片)是造山带 OPS 或 NSS 研究的主体<sup>[1-12]</sup>。通过造山带 OPS 和 NSS 研究,在造山带区识别不同构造环境的地层类型,如洋脊、大洋盆地、海山、洋内弧、裂离地块、弧前盆地、弧后盆地等地层系统,建立造山带地层理论模型,重塑造山带演化历程<sup>[1-5,11]</sup>。

OPS 的含义比 NSS 宽泛些,NSS 主要指造山带中的无序地层<sup>[1-2,10,20-21]</sup>;OPS 指造山带中与洋演化相关的所有地层,即包含无序地层(蛇绿混杂岩等),也包含洋盆发育中被保存下来的有序地层(如洋盆中裂离地块上有序的地层建造等)<sup>[2-3,5-6]</sup>。

## 2 中国 OPS 分布及构造演化

新元古代以来的中国大陆主要由冈瓦纳、劳亚和泛华夏陆块群等大陆边缘与特提斯洋、古亚洲洋、太平洋、古泛大洋等古大洋洋陆转换逐渐增生形成的,最终以华北、扬子、塔里木 3 个陆块(地台)区为核心,阿尔泰—内蒙古—兴安岭、天山—准噶尔—北山、秦岭—祁连—昆仑、羌塘—三江、班公湖—怒江—昌宁—孟连、冈底斯—喜马拉雅和华夏等多个造山带镶嵌组成的复式大陆<sup>[22-26]</sup>。在中国大陆的造

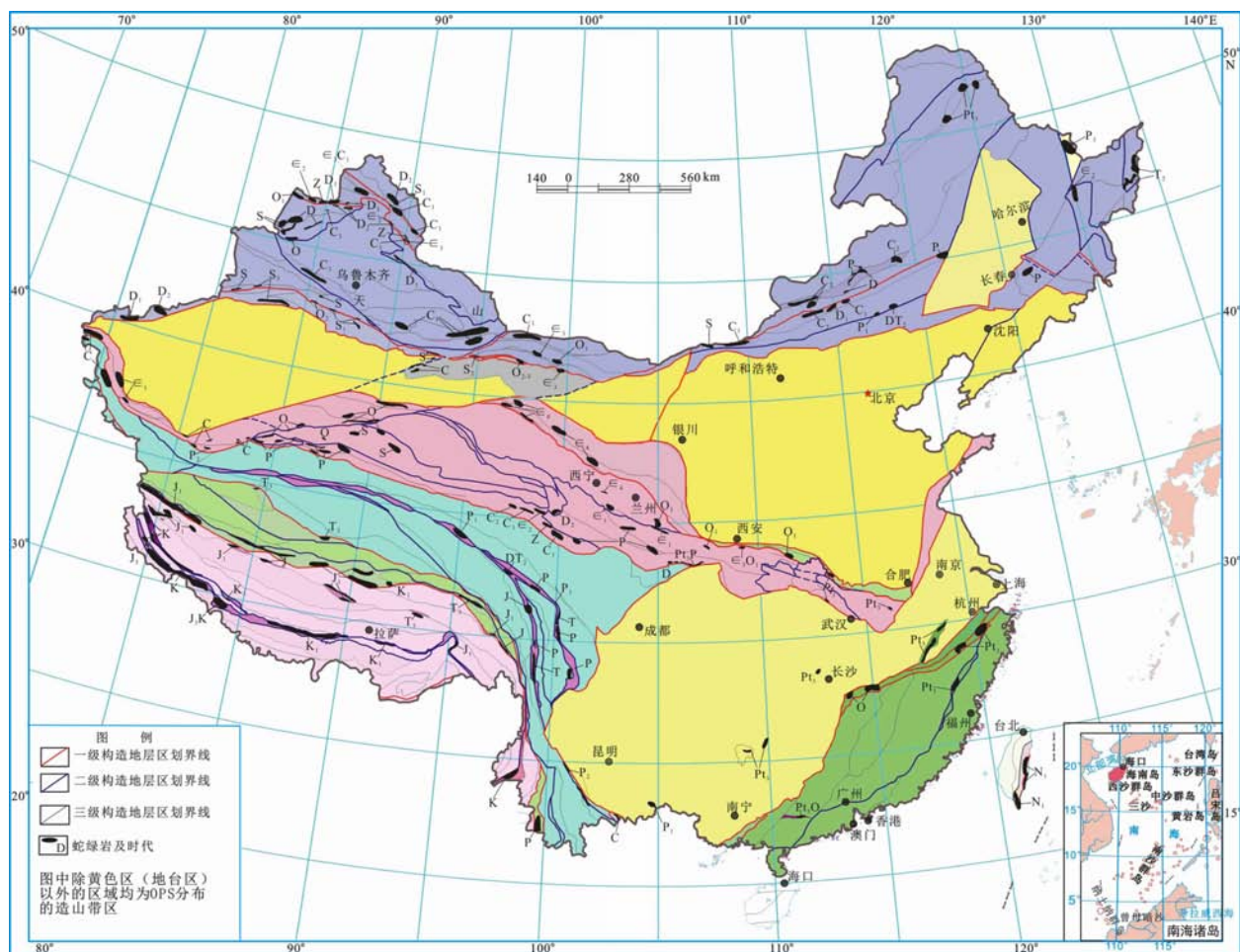
山带内保存了大量的与洋形成及演化相关的 OPS 记录(图 2)<sup>[24-25]</sup>。

阿尔泰—内蒙古—兴安岭造山带是中亚造山带(古亚洲洋构造域)在中国境内的北带,是西伯利亚板块南缘增生区。新元古代—古生代主要发育活动陆缘和裂离地块地层系统,可划分为新元古代—寒武纪洋盆扩张、早—中奥陶世初期汇聚、泥盆纪—早石炭世洋盆汇聚俯冲消减与陆缘大规模增生、晚石炭世—二叠纪洋—陆转化 4 个大地构造演化阶段<sup>[22-24]</sup>。额尔齐斯—西拉木伦混杂岩带是西伯利亚板块和华北板块间古亚洲洋主洋盆消失的巨型构造带<sup>[23-25,27-28]</sup>,主要由蛇绿岩、远洋沉积、海山、俯冲增生杂岩、基底残块、洋内弧、蓝片岩等新元古代—古生代洋盆地层建造构成,是古亚洲洋北支最终闭合消失的对接带<sup>[22,30-31]</sup>。

天山—准噶尔—北山区位于额尔齐斯—西拉木伦对接带和南天山对接带之间,主体由南华纪—石炭纪多个与弧后和弧间盆地有成因联系的蛇绿混杂岩带、海山和岩浆弧组成。该带卷入了多个裂离地块,如准噶尔—吐哈、伊宁—中天山、旱山—明水地块等。该带的蛇绿混杂岩带如唐巴勒—达尔布特( $\epsilon$ —D)、克拉玛依(D—C<sub>1</sub>)、卡拉麦里(Nh—C<sub>1</sub>)、巴音沟—米什沟(O—C<sub>1</sub>)、康古尔塔格(D—C<sub>1</sub>)和红石山—蓬勃山(D<sub>3</sub>—C)等<sup>[25,32-38]</sup>。在晚石炭世—二叠纪期间,本区进入碰撞后上叠裂谷发育阶段,具双峰式火山—沉积岩充填序列,并发育含铜镍矿的幔源基性超基性侵入杂岩<sup>[25,38-39]</sup>。

南天山是古亚洲洋南支最终闭合消失的对接带,主要由新元古代—古生代的蛇绿岩带、俯冲增生杂岩带、榴辉岩—蓝片岩带及增生弧等洋盆地层建造构成,向西经过吉尔吉斯转北西向与乌拉尔缝合带相接<sup>[25]</sup>。南天山在早志留世开始向伊犁—中天山俯冲消减形成了岛弧及相关建造,如汗腾格里峰—科克苏河蓝片岩带和巴音布鲁克组岛弧火山岩,洋壳俯冲的高峰发生于泥盆纪—石炭纪<sup>[40]</sup>。对南天山众多洋壳残片的测年数据主要分布在 735~329 Ma<sup>[41-46]</sup>,揭示出南天山洋形成于新元古代 Rodinia 超大陆裂解阶段,到早石炭世洋盆关闭<sup>[24-25]</sup>。

秦—祁—昆东段的北侧宽坪—佛子岭混杂岩带是华北与扬子之间大洋消亡的对接带产物,该带分割华北与扬子陆块至少有 8~10 亿年,发育宽坪和淮阳—佛子岭弧前—远洋沉积、洋岛—海山、俯冲增生杂岩和榴辉岩等建造组合;对接带的南侧发育晚

图2 中国洋板块地层分布图<sup>[24-25]</sup>Fig. 2 OPS distribution in China<sup>[24-25]</sup>

奥陶世—志留纪同俯冲—碰撞岩浆岩组合,揭示向南俯冲<sup>[2,25]</sup>。约泥盆纪末该大洋消失<sup>[2,25]</sup>。西昆仑—阿尔金—祁连—东昆仑—秦岭—大别—苏鲁属特提斯洋构造域北部边缘,广泛分布寒武纪—早三叠世以蛇绿混杂岩建造为特征的弧后、弧间和弧前盆地地层系统,其间夹持阿中、中祁连—湟源—陇山、全吉、柴达木、东昆北、化隆、北秦岭、大别、苏鲁等多个裂离地块;洋陆转换时间从北(祁连—阿尔金)往南(西昆仑—东昆仑—秦岭)迁移,祁连—阿尔金—祁曼塔格带的洋陆转换为晚奥陶世末,西昆仑—东昆仑—秦岭带的洋陆转换为早三叠世末;活动陆缘多岛洋的演化时间持续了约 290 Ma (C—T<sub>1</sub>)<sup>[2,25,47-49]</sup>。

羌塘—三江地区南华纪木座组冰海碎屑岩沉积显示其与扬子陆块的亲缘性,之后特提斯洋分别向东南和东北方向双向俯冲作用下,在该区发育了一系列由多岛弧盆系构成的活动陆缘沉积盆地,由西北

往东南分布有西金乌兰—金沙江、乌兰乌拉—澜沧江、炉霍—道孚、甘孜—理塘和哀牢山蛇绿混杂岩带,主要由蛇绿岩、洋岛—海山、增生杂岩及蓝片岩和榴闪岩等组合,其中夹持了甜水海、巴颜喀拉、中咱—中甸、北羌塘、昌都—兰坪、崇山—临沧等多个亲扬子的裂离地块;中三叠世前相继通过弧—弧和弧—陆碰撞完成洋陆转换<sup>[2,25]</sup>。

由龙木错—双湖、班公湖—怒江、昌宁—孟连蛇绿混杂岩组成了原—古特提斯大洋演化的对接带,经历了扩张离散、汇聚增生至最终消亡;该对接带的洋壳建造时代从寒武纪(505 Ma)开始,至早白垩世(116 Ma)结束,主要由 5 个含蛇绿岩的增生杂岩带、3 个增生弧和基底残块、3 个高压—超高压变质带及增生弧盆系所组成;弧前增生最早时代为奥陶纪(450 Ma);深俯冲榴辉岩时代为 260~238 Ma<sup>[25]</sup>。该对接带洋盆的形成、演化和消亡被划分为 3 个阶段:寒武纪—泥盆纪原—古特提斯洋盆向北俯冲;石炭



纪一二叠纪古特提斯洋盆双向俯冲;三叠纪一早白垩世古特提斯洋盆大致自东向西穿时式地碰撞消亡<sup>[2]</sup>。

印度板块与欧亚板块之间的新特提斯洋关闭形成的对接带是雅鲁藏布蛇绿混杂岩带<sup>[50-51]</sup>。寒武纪该带位于冈瓦纳大陆边缘,是裂谷环境。该带除仲巴—札达微地块发育有奥陶纪稳定型沉积外,其余地区在奥陶纪时多为蛇绿混杂岩和混合岩。此后,喜马拉雅和冈底斯地块沿雅鲁藏布连为一体,直至三叠纪雅鲁藏布江对接带打开发育洋盆。该带蛇绿岩的形成时代为中三叠世—早白垩世<sup>[23,52-53]</sup>。古新世—始新世印度与欧亚沿雅鲁藏布碰撞;印度与欧亚碰撞不是在某个时间点完成的,而是从 65 Ma 开始从东部点接触碰撞,约 40 Ma 沿雅鲁藏布全面完成碰撞,持续了约 25 Ma<sup>[54]</sup>。

江绍—郴州—钦防混杂岩带为扬子陆块与华夏造山带之间华南海最终消亡的对接带<sup>[22,24-26,55]</sup>。该带发育江绍—萍乡蛇绿混杂带<sup>[25]</sup>;陈蔡岩群、神山岩组和鹰扬关岩群中存在被肢解的蛇绿岩、增生杂岩、洋岛海山等岩石组合<sup>[25-56]</sup>,以及超高压榴闪岩,其变质年龄为 451~454 Ma<sup>[57-58]</sup>。在江绍—郴州—钦防对接带的东南方向是华夏增生造山带。华夏在寒武纪以前可能包含了云开、罗霄、武夷、东南沿海和海南等多个裂离地块及与活动陆缘相关的多岛弧盆系;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,如政和大浦—信宜贵子坑发育弧前附冲增生杂岩带;晚奥陶世—志留纪期间除钦防地区为残余洋盆地层建造外,大部分地区完成了洋陆转换<sup>[2,59]</sup>。台东主要由中新世以来的火山岩系及上覆的复理石地层组成,并发育与板块碰撞相关的新世吉利蛇绿岩混杂体<sup>[60-61]</sup>。南海处于太平洋、菲律宾海和印度洋三大板块相互作用区,盆地内发育弧后扩张洋壳;南海弧后早期扩张年代为 32~21 Ma,晚期为 15~10 Ma<sup>[2,62]</sup>。

### 3 结论

与稳定的陆块区相比,中国的造山带区分布面积比陆块区大,且演化历程漫长而复杂,矿产资源丰富,灾害与环境地质问题突出。因此,从矿产资源与环境安全的国家急需出发,理应加强对造山带洋板块地层或非史密斯地层的调查与研究,完善中国造山带的地质格架与序列,提高我国造山带地质调查研究和矿产资源勘查水平,并为建立大陆动力学等

地质新理论奠定基础。

本文撰写得到了李廷栋、孙枢、刘宝珺、张国伟、殷鸿福、莫宣学、叶天竺、邓晋福、陆松年、冯益民和李锦轶等专家的悉心指导。中国地质调查局发展研究中心、西安地质调查中心、成都地质调查中心、沈阳地质调查中心、天津地质调查中心、武汉地质调查中心、南京地质调查中心、全国 30 个省(市、自治区)地质调查院专家学者们提供了大量基础资料,并进行过多次有益的研讨,对本文的完成起到了奠基和指导作用。审稿专家提出的建设性修改意见对提高本文质量发挥了重要作用。在此一并深表感谢!

### 参考文献

- [1] 张克信,殷鸿福,朱云海,等. 造山带混杂岩区地质填图理论、方法与实践:以东昆仑造山带为例[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2001:1-165.
- [2] 张克信,何卫红,徐亚东,等. 中国沉积大地构造图说明书(1:2500000)[M]. 北京:地质出版社,2015:1-127.
- [3] Isozaki Y, Maruyama S, Fukuoka F. Accreted oceanic materials in Japan[J]. Tectonophysics, 1990, 181: 179-205.
- [4] Kusky T M, Bradley D C. Kinematics of mélange fabrics: Examples and applications from the McHugh Complex, Kenai Peninsula, Alaska[J]. Journal of Structural Geology, 1999, 21: 1773-1796.
- [5] Kusky T M, Windley B F, Safonova I, et al. Recognition of ocean plate stratigraphy in accretionary orogens through Earth history: A record of 3.8 billion years of sea floor spreading, subduction, and accretion[J]. Gondwana Research, 2013, 24: 501-547.
- [6] Cawood P, Kroner A, Collins W, et al. Earth accretionary orogens in space and time[J]. Geological Society of London Special Publication, 2009, 318: 1-36.
- [7] 冯庆来. 造山带区域地层学研究的思想和工作方法[J]. 地质科技情报, 1993, 12(3): 51-56.
- [8] 王乃文,郭宪璞,刘羽. 非史密斯地层学简介[J]. 地质论评, 1994, 40(5): 482.
- [9] 张克信,陈能松,王永标,等. 东昆仑造山带非史密斯地层序列重建方法初探[J]. 地球科学:武汉地质学院学报, 1997, 22(4): 343-346.
- [10] 张克信,殷鸿福,朱云海,等. 史密斯地层与非史密斯地层[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2003, 28(4): 361-369.
- [11] 张克信,冯庆来,宋博文,等. 造山带非史密斯地层[J]. 地学前缘, 2014, 21(2): 36-47.
- [12] 殷鸿福,张克信,王国灿,等. 非威尔逊旋回与非史密斯方法:中国造山带研究理论与方法[J]. 中国区域地质, 1998(增刊): 1-9.
- [13] 马杏垣,索书田,闻立峰. 前寒武纪变质岩构造的构造解析

- [J]. 地球科学: 武汉地质学院学报, 1981(1): 67-74.
- [14] 王鸿祯. 地层学的分类体系和分支学科: 对修订中国地层指南的设想[J]. 地质论评, 1989, 35(3): 271-276.
- [15] 陈克强, 汤加富. 构造地层单位研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-92.
- [16] Hsu K J. The concept of tectonic facies[J]. Bulletin of Technique University Istanbul, 1991, 44(1/2): 25-42.
- [17] Robertson A H F. Role of the tectonic facies concept in orogenic analysis and its application to Tethys in the Eastern Mediterranean region[J]. Earth-Science Reviews, 1994, 37(3/4): 139-213.
- [18] 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等. 大地构造相的定义、划分、特征及其鉴别标志[J]. 地质通报, 2008, 27(10): 1613-1637.
- [19] 李继亮. 全球大地构造相刍议[J]. 地质通报, 2009, 28(10): 1-7.
- [20] 郭宪璞, 刘羽, 王绍芳. 非史密斯地层学的试验研究[G]//地质科学研究论文集. 北京: 中国经济出版社, 1996: 11-19.
- [21] 殷鸿福, 张克信, 陈能松, 等. 中华人民共和国区域地质调查报告(比例尺 1: 250000), 冬给措纳湖幅(I47C001002) [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2003: 1-457.
- [22] 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.
- [23] 潘桂棠, 王立全, 张万平, 等. 青藏高原及邻区大地构造图及说明书(1: 1500000) [M]. 北京: 地质出版社, 2013: 1-208.
- [24] 张克信, 潘桂棠, 何卫红, 等. 中国构造-地层大区划分新方案[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2015, 40(2): 206-233.
- [25] 潘桂棠, 肖庆辉, 尹福光, 等. 中国大地构造图说明书(1: 2500000) [M]. 北京: 地质出版社, 2015.
- [26] 李三忠, 赵淑娟, 刘鑫, 等. 洋-陆转换与耦合过程[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2014, 44(10): 113-133.
- [27] 王鸿祯. 中国古地理图集[M]. 北京: 地图出版社, 1985: 1-139.
- [28] Tang K D. Tectonic development of Paleozoic foldbelts at the north margin of the Sino-Korean Craton [J]. Tectonics, 1990, 9(2): 249-260.
- [29] Sengor A M C, Natal'in B A, Burtman V S. Evolution of the alaid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia [J]. Nature, 1993, 363: 299-307.
- [30] 成守德, 徐新. 新疆及邻区大地构造编图研究[J]. 新疆地质, 2001, 19(1): 33-37.
- [31] 李益龙, 周汉文, 肖文交, 等. 古亚洲构造域和西太平洋构造域在索伦缝合带东段的叠加: 来自内蒙古林西县西拉木伦断裂带内变形闪长岩的岩石学、地球化学和年代学证据[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2012, 37(3): 433-450.
- [32] 冯益民. 西准噶尔蛇绿岩生成环境及其成因类型[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1986, 13: 37-45.
- [33] 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 等. 新疆北部及邻区大地构造 [M]. 北京: 地质出版社, 1992: 104-123.
- [34] 张弛, 黄萱. 新疆西准噶尔蛇绿岩形成时代和环境的探讨 [J]. 地质论评, 1992, 38(6): 509-524.
- [35] 何国琦. 中国西北及中亚区域构造研究中的地层问题[J]. 现代地质, 1999(2): 87-89.
- [36] 徐学义, 夏林圻, 马中平, 等. 北天山巴音沟蛇绿岩斜长花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及蛇绿岩成因研究[J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 83-94.
- [37] 李锦轶, 曲军锋, 张进, 等. 中国北方造山区显生宙地质演化重建与成矿地质背景研究进展[J]. 地质通报, 2013, 32(2/3): 207-219.
- [38] 朱志新, 董连慧, 王克卓, 等. 西天山造山带构造单元划分与构造演化[J]. 地质通报, 2013, 32(2/3): 297-306.
- [39] 赵军, 张作衡, 张贺, 等. 新疆阿吾拉勒山西段下二叠统陆相火山岩岩石地球化学特征、成因及构造背景[J]. 地质学报, 2013, 87(4): 525-541.
- [40] 高俊, 龙灵利, 钱青, 等. 南天山: 晚古生代还是三叠纪碰撞造山带[J]? 岩石学报, 2006, 22(5): 1049-1061.
- [41] 王润三, 王焰, 李惠民. 南天山榆树沟高压麻粒岩地体锆石 U-Pb 定年及其地质意义[J]. 地球化学, 1998, 27(6): 522-527.
- [42] 任秉琛, 何世平, 姚文光, 等. 甘肃北山牛圈子蛇绿岩铷-锶同位素年龄及其大地构造意义[J]. 西北地质, 2001, 34(2): 21-27.
- [43] 周鼎武, 苏梨, 简平, 等. 南天山榆树沟蛇绿岩地体中高压麻粒岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及构造意义[J]. 科学通报, 2004, 49(14): 1411-1415.
- [44] 杨海波, 高鹏, 李兵, 等. 新疆西天山达鲁巴依蛇绿岩地质特征[J]. 新疆地质, 2005, 23(2): 123-126.
- [45] 杨经绥, 史仁灯, 吴才来, 等. 北阿尔金地区米兰红柳沟蛇绿岩的岩石学特征和 SHRIMP 定年[J]. 岩石学报, 2008, 24(7): 1567-1584.
- [46] 武鹏, 王国强, 李向民, 等. 甘肃北山地区牛圈子蛇绿岩的形成时代及地质意义[J]. 地质通报, 2012, 31(12): 2032-2037.
- [47] Zhao S J, Li S Z, Liu X, et al. Subduction polarity along the Northern boundary of the prototethys ocean: Constraints from the structural analyses of the North Qinling orogen[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2015, 113(Part 2): 560-574.
- [48] 李三忠, 杨朝, 赵淑娟, 等. 全球早古生代造山带(I): 碰撞型造山[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2016, 46(4). doi: 10.13278/j.cnki.jjuese.201604101.
- [49] 李三忠, 杨朝, 赵淑娟, 等. 全球早古生代造山带(II): 俯冲-增生型造山[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2016, 46(4). doi: 10.13278/j.cnki.jjuese.201604102.
- [50] Patriat P, Achache J. India-Eurasia collision chronology has implications for crustal shortening and driving mechanism of plates[J]. Nature, 1984, 311: 615-621.

[51] Aitchison J C, Ali J R, Davis A M. When and where did India and Asia collide? [J]. Journal of Geophysical Research, 2007, 112: 1-19.

[52] 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 东特提斯地质构造形成演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1997: 1-218.

[53] 王立全, 潘桂棠, 丁俊, 等. 青藏高原及邻区地质图及说明书(1: 1500000) [M]. 北京: 地质出版社, 2013: 1-288.

[54] 张克信, 王国灿, 骆满生, 等. 青藏高原及邻区新生代构造-岩相古地理图及说明书(1: 3000000)[M]. 北京: 地质出版社, 2013: 1-299.

[55] 周永章, 郑义, 曾长育, 等. 关于钦-杭成矿带的若干认识 [J]. 地学前缘, 2015, 22(2): 1-6.

[56] 胡艳华, 顾明光, 徐岩, 等. 浙江诸暨地区陈蔡群加里东期变质年龄的确认及其地质意义 [J]. 地质通报, 2011, 30 (11): 1661-1670.

[57] 邢光福, 姜杨, 陈志洪, 等. 钦杭结合带首次发现加里东期榴闪岩 [J]. 资源调查与环境, 2013, 34(4): 1.

[58] 陈相艳, 全来喜, 张传林, 等. 浙江龙游石榴石角闪岩(退变榴辉岩): 华夏加里东期碰撞造山事件的新证据 [J]. 科学通报, 2015, 60(13): 1207-1217.

[59] 何卫红, 唐婷婷, 乐明亮, 等. 华南南华纪一二叠纪沉积大地构造演化 [J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2014, 39 (8): 929-953.

[60] Song S R, Lo H J. Lithofacies of volcanic rocks in the central Coastal Range, eastern Taiwan: Implications for island arc evolution [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2002, 21(1): 23-38.

[61] 耿威, 张训华, 温珍河, 等. 台湾东部海岸山脉对弧陆碰撞的响应 [J]. 地质论评, 2013, 59(1): 129-136.

[62] 解习农, 任建业, 王振峰, 等. 南海大陆边缘盆地构造演化差异性及其与南海扩张耦合关系 [J]. 地学前缘, 2015, 22 (1): 77-87.

《地学前缘》中文版入选 EI 检索系统

经 Elsevier 工程信息公司中国信息部通知,由中国地质大学(北京)和北京大学主办的中文刊《地学前缘》从 2013 年第 1 期开始,正式被 EI 检索系统收录。这将进一步提高《地学前缘》的知名度和影响力。EI (The Engineering Index, 简称 EI)创刊于 1884 年,是美国工程信息公司(Engineering information Inc.)出版的著名工程技术类综合性检索工具,是世界著名的三大检索系统之一。

收录《地学前缘》的国外检索系统

- 美国《工程索引》(EI)
- 俄罗斯《文摘杂志》(AJ)
- 《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JST)
- 美国《化学文摘(网络版)》(CA)
- 美国《乌利希期刊指南(网络版)》(Ulrichsweb)