

文章编号: 1671-1505(2025)01-0016-16 DOI:10.7605/gdxb.2025.037

中国奥陶纪地理分区的再认识*

王建坡 汪啸风

古生物与地质环境演化湖北省重点实验室, 中国地质调查局武汉地质调查中心, 湖北武汉 430205

摘要 中国大陆地壳在奥陶纪时由华北、扬子、塔里木三大陆块及围绕它们的诸多微陆块和造山带组成。基于陆块、微陆块和造山带等不同属性地体的识别特征, 按陆块、洋板块中的微陆块、造山带和疑问块体 4 种类型, 分别阐述它们在中国奥陶纪的发育特征。在此基础上, 综合古地理信息, 提出中国奥陶纪共划分出 4 个大区 16 个地理区的新认识。该时期中国各陆块主要在环西伯利亚、古亚洲洋、原特提斯洋和冈瓦纳北缘分布, 由此归纳为 4 个大区, 其中华北和塔里木分割了古亚洲洋和原特提斯洋, 但归入原特提斯洋大区中。环西伯利亚大区可分为北疆区和兴安区, 前者由阿尔泰、准噶尔—吐哈微陆块和东西准噶尔造山带组成, 后者囊括额尔古纳、兴安、锡林浩特、松辽和佳木斯等东北微陆块群。古亚洲洋大区仅分出中天山—北山区, 伊宁微陆块为该区成员。原特提斯洋大区除了华北区和塔里木区外, 还包括柴达木—祁连、昆仑—秦岭、扬子、华夏、印支和松潘—甘孜区, 其中中阿尔金和全吉微陆块属于柴达木—祁连区, 义敦微陆块属松潘—甘孜区。冈瓦纳大区分为羌塘、拉萨、喜马拉雅、滇缅泰马和海南区, 其中保山微陆块和临沧微陆块为滇缅泰马区的组成部分。此外, 阿拉善和敦煌块体分别归入华北和塔里木区中。上述中国奥陶纪地理分区的认识与前人存在较大差异, 作者旨在抛砖引玉, 希望能引起更多学者关注并探求更合理的划分方案。

关键词 奥陶纪 微陆块 造山带 地理分区 新认识

第一作者简介 王建坡, 男, 1981 年生, 博士, 副研究员, 主要从事地层古生物及应用研究。E-mail: wangjianpo2001-1@163.com。

中图分类号: P531 文献标志码: A

Re-understanding of the Ordovician geographical division in China

WANG Jianpo WANG Xiaofeng

Hubei Key Laboratory of Paleontology and Geological Environment Evolution, Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan 430205, Hubei

Abstract The continental crust in China consists of the North China, Yangtze and Tarim cratons, along with several micro-continents and orogenic belts surrounding them. Based on their characteristics, this paper presents development of these geological terranes in China during the Ordovician period based on four types: cratons, micro-continents in oceanic plates, orogenic belts, and uncertain terranes. Additionally, by integrating paleogeographic data, a new perspective on the Ordovician geographical division in China is proposed, encompassing sixteen regions within four mega-regions. During the Ordovician, cratons and micro-continents in China were primarily distributed in the peri-Siberian area, the Paleo-Asian

* 中国地质调查局项目 (编号: DD20230218, DD20242327) 资助。[Financially supported by the China Geological Survey Project (Nos. DD20230218, DD20242327)]

收稿日期: 2024-09-29 改回日期: 2024-12-19

Ocean, the Proto-Tethys Ocean and the northern margin of Gondwana, and the four mega-regions were in alignment with these distributions. The North China and Tarim cratons belong to the Proto-Tethys Ocean Mega-region, despite separating the Paleo-Asian and the Proto-Tethys oceans. The North Xinjiang and Xing'an regions are located within the peri-Siberian Mega-region. The former comprises the Altay, Junggar-Tuha micro-continents, and the East and West Junggar orogenic belts, whereas the latter encompasses the Northeast China micro-continental group of Erguna, Xing'an, Xilinhot, Songliao, and Jiamusi. The Central Tianshan-Beishan Region pertains to the Paleo-Asian Ocean Mega-region, and the Yining micro-continent is a member of this region. Except the North China and Tarim regions, the Proto-Tethys Ocean Mega-region includes the Qaidam-Qilian, Kunlun-Qinling, Yangtze, Cathayasia, Indo-China, and Songpan-Ganzi regions. Among them, the middle-Altun and Quanjia micro-continents belong to the Qaidam-Qilian Region, and the Yidun micro-continent belongs to the Songpan-Ganzi Region. The Qangtang, Lhasa, Himalaya, Sibumasu and Hainan regions were separated from the Gondwana Mega-region, with the Baoshan and Lincang micro-continents being part of the Sibumasu Region. The Alexa and Dunhuang terranes are included in the North China Region and the Tarim Region, respectively. There is a great difference between the above understanding of the geographical division of Ordovician period in China and that of the predecessors. The author aims to draw more scholars' attention and explore a more reasonable division scheme.

Key words Ordovician, micro-continent, orogenic belt, geographical division, new understanding

About the first author WANG Jianpo, born in 1981, Ph. D., is an associate researcher of stratigraphy and paleobiology. He is mainly engaged in the research on stratigraphy, palaeobiology and their applications. E-mail: wangjianpo2001-1@163.com.

中国大陆为多个微型陆块和造山带围绕华北、扬子和塔里木 3 个稍大陆块组成的复杂大地构造系统 (任纪舜等, 1999; 王鸿祯等, 2006; 潘桂棠等, 2009; 张克信等, 2017), 这些陆块在地质历史时期经历了多期次裂解和聚合 (潘桂棠等, 2016, 2017; 秦克章等, 2017), 造就了不同时期古地理格局的差异。奥陶纪古地理单元已被不同学者从地层 (赖才根等, 1982; 汪啸风等, 2005; 张元动等, 2021)、古地理 (王鸿祯, 1985; 冯增昭等, 2003a, 2003b, 2004a, 2004b)、古地理与生物相 (汪啸风, 1989)、大地构造 (Chen and Rong, 1992; 周志毅等, 2008)、生物相 (Chen *et al.*, 2003)、沉积建造 (张克信等, 2017) 等多个方面进行过研究, 这加深了对中国奥陶纪地理分区的认识, 但这些研究结果之间也存在诸多差异。

地理分区与大地构造单元密切相关, 陆块边界是划分的基础, 对陆块古地理位置和拼合关系的认识差异导致了前人古地理单元划分的不同。近十几年来, 对中国大地构造的认识进展巨大, 促使学者

们重新检视之前的古地理区划, 张元动等 (2021) 的划分方案即为该方面的进展。最近, 全国地层委员会组织重新梳理中国各纪地层, 笔者有幸参与了奥陶系的编撰, 地理分区是其中一个章节, 然而, 书中的划分方案与前人存在较大差异。鉴于尚未有作者系统阐述其划分过程, 笔者在综述中国陆块特征及奥陶系发育特征的基础上, 借鉴最新的大地构造研究成果, 阐明地理区划的划分依据、过程和结果, 旨在抛砖引玉, 以探求更合理的划分方案。

1 中国大地构造基本特征

基于板块构造理论, 大陆地壳由陆块和造山带组成, 之间的缝合带反映了原始大洋消失后的拼合关系。中国各块体夹持于西伯利亚和印度陆块之间, 自北向南主要被古亚洲洋、原特提斯、古特提斯和新特提斯等缝合带分割, 代表不同时期的拼合特征 (图 1)。古亚洲洋缝合带以北是中亚造山带, 其展布于天山—长白山地区, 由各种微型陆块、洋岛、弧盆系、蛇绿混杂岩带等构造单元组成 (李锦轶等, 2009; Wilhem *et al.*, 2012; Xiao *et al.*,

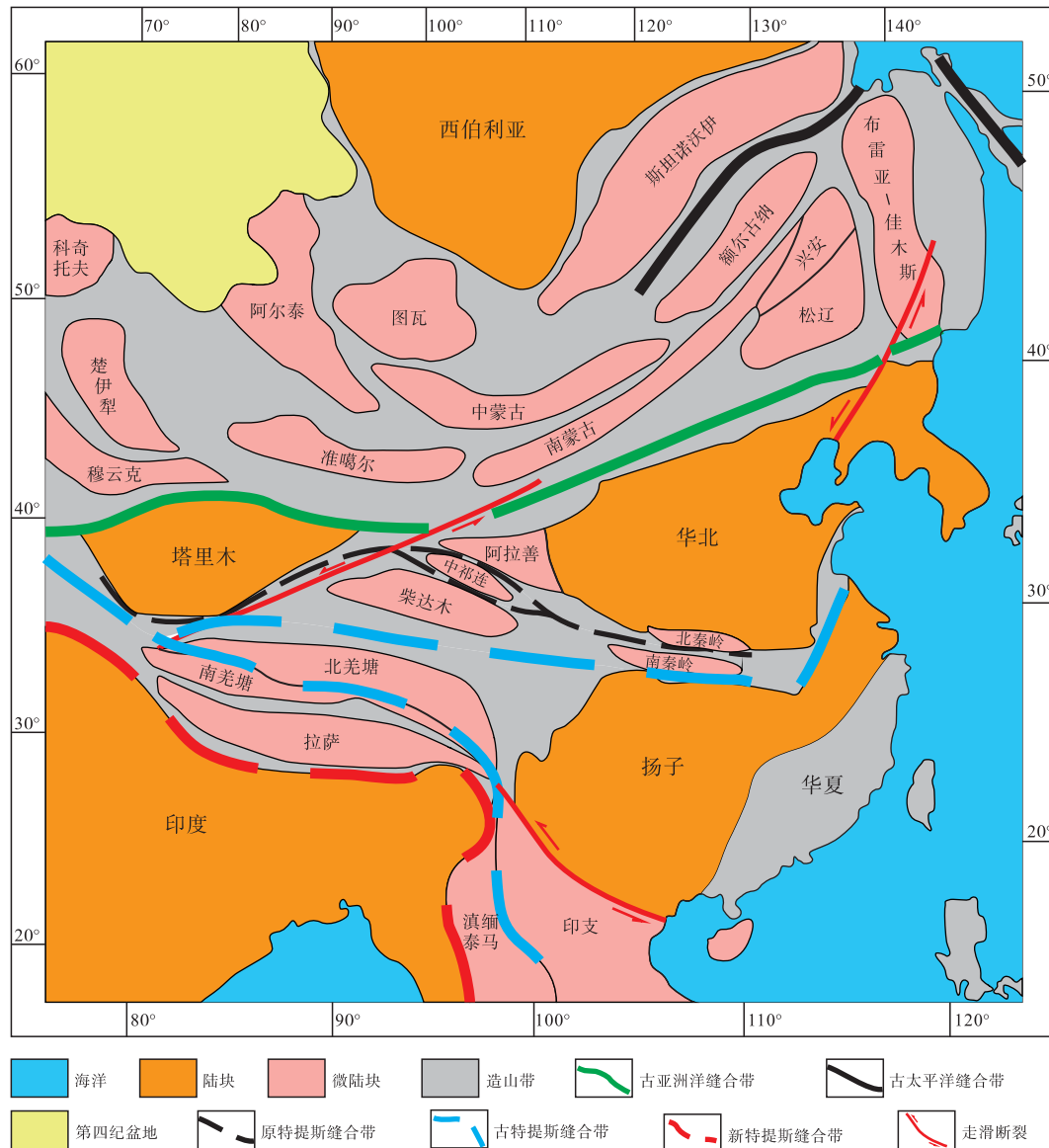


图 1 中国及周缘陆壳主要陆块组成和边界缝合带 (改编自 Zhao *et al.*, 2018)

Fig. 1 Major continents and bounding sutures of continental crust in China and adjacent regions (modified from Zhao *et al.*, 2018)

2018), 阿尔泰、图瓦、中蒙古、准噶尔、楚伊犁、额尔古纳、兴安、松辽、佳木斯等诸多微陆块均是该造山带的成员 (Zhou *et al.*, 2018; 王志伟等, 2023)。古亚洲洋缝合带和原特提斯缝合带之间主要分布华北和塔里木陆块, 原特提斯洋缝合带及其与古特提斯缝合带之间横亘着昆仑、祁连、秦岭、大别等山脉, 被称为中央造山带, 见有柴达木、祁连、秦岭等诸多块体。古特提斯缝合带横穿中国南方, 涉及羌塘、扬子、印支、滇缅泰马等诸多陆块和微陆块, 同时, 印支和滇缅泰马微陆块之间残留有原特提斯洋的证据 (王保弟等, 2013; 王冬兵等, 2016)。新特提斯与古特提斯缝合带之

间主要为南羌塘和拉萨微陆块, 其南侧为印度陆块, 喜马拉雅山脉位于印度陆块北缘。

2 中国奥陶纪的陆块、洋板块发育特征

根据陆松年等 (2002) 定义, 陆块应具有古老的前寒武纪基底、内部或边缘的变质基底之上有自身的沉积和热-构造地质事件记录、陆块之间有明确的构造边界等特征。陆块内部的盖层岩层一般构造简单, 层序正常, 无变质或轻微变质, 海相火山岩系不发育, 横向上可进行远距离追索对比。陆

块之间的造山带为洋板块区域，反映了大洋从“出生”到“死亡”的发育史，地层上以无序为特征，可以包括沉积岩、混杂岩、蛇绿岩等多种岩石类型（张克信等，2003）。值得注意的是，洋板块包括从大型陆块裂解出来的微型陆块（张克信等，2016），其除了面积较小外，特征与陆块相似，陆松年等（2002）称为微陆块，潘桂棠等（2017）称为地块。

文中主要依据中国大地构造单元划分方案（潘桂棠等，2009，2016，2017；张克信等，2016，2017）对中国奥陶纪的陆块和洋板块进行区分，并根据该时期的古地理特征和奥陶系发育特征进行调整。其中，华北、扬子和塔里木为陆块区成员，部分微陆块属于冈瓦纳超大陆范畴，将其置入陆块区进行描绘，它们包括羌塘、拉萨、喜马拉雅、保

山和海南，其余为洋板块区，以洋板块中的微陆块和造山带进行阐述（图 2）。需要说明的是，准噶尔—吐哈、中天山、敦煌、阿拉善、松潘—甘孜和腾冲等具前寒武纪变质基底的块体因奥陶系缺失或出露极其有限，且可能与其他陆块相连，无法准确判断其块体性质，因此，以“疑问块体”进行描述。

2.1 陆块

华北陆块（又称中朝陆块）以祁连造山带、中亚造山带和秦岭—大别造山带为界，由东部、鄂尔多斯、阴山 3 个太古宙微陆块于 1.85 Ga 拼合而成（Zhao *et al.*, 2005, 2012）。华北奥陶系主体为碳酸盐岩台地沉积，早、中奥陶世之交和中奥陶世末期以后发生不同程度的地层缺失。陆块北缘发育碰撞带的变质碎屑岩、大理岩和火山凝灰岩，鄂尔

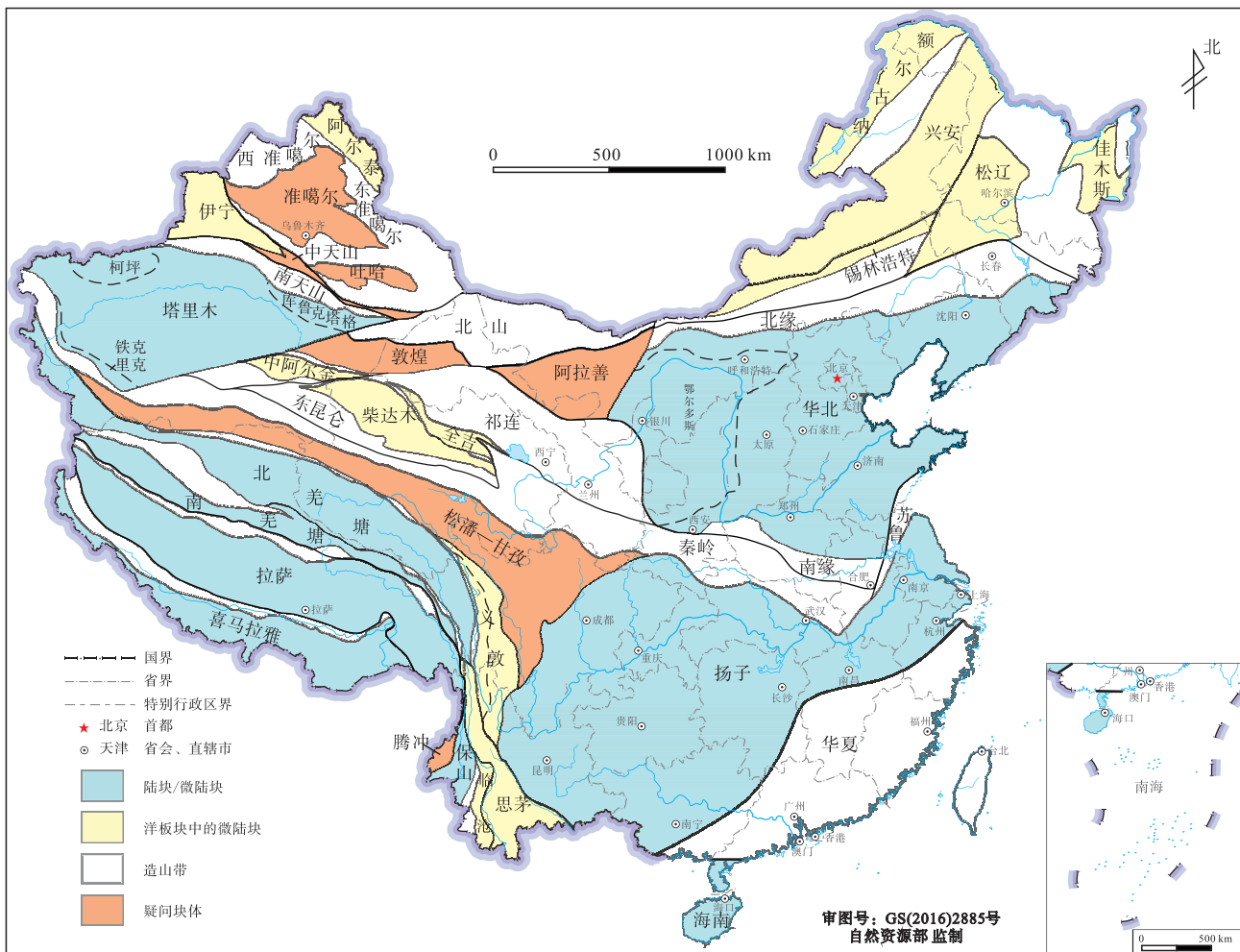


图 2 中国奥陶纪主要陆块、微陆块和造山带

Fig. 2 Major continents, micro-continents and orogenic belts in China during the Ordovician period

多斯西缘和西南缘为台缘—斜坡带的碳酸盐岩和碎屑岩交互沉积。

扬子陆块北以秦岭—大别造山带与华北陆块相隔,南以江山—绍兴—萍乡断裂与华夏造山带相邻(Wang *et al.*, 2023),具太古代—古元古代变质结晶基底(Lin *et al.*, 2018)。奥陶纪,扬子的西南和西北部一般认为存在古陆,其周缘发育近岸碎屑岩和碳酸盐沉积,向外自西向东展布碳酸盐岩台地沉积,但在陆块的东南侧则相变为斜坡带细碎屑岩,夹灰岩和硅质岩(张元动等, 2021)。

塔里木陆块被汉腾格里—库米什断裂和柯岗断裂、且末—星星峡断裂限定(周志毅等, 1995)。陆块内部除塔里木主体外,东北、西南缘可分别划出库鲁克塔格微陆块和铁克里克微陆块,西北侧可识别出柯坪微陆块,前两者具有与塔里木主体同样的前寒武纪结晶基底且相互连通,后者的结晶基底存在较大差异(舒良树等, 2013)。塔里木的奥陶纪古陆可能位于西南侧的喀什—和田一带,近岸的莎车地区发育砂岩、泥岩、灰岩等具混积特征的沉积物,主体为碳酸盐岩台地沉积。库鲁克塔格和柯坪均存在南北沉积分带现象,与主体相连的南部地区一般发育相对深水的砂泥质碎屑岩和灰岩,北部则以浅水碳酸盐岩和粗碎屑岩为特征。

羌塘微陆块夹于金沙江缝合带和班公湖—怒江缝合带之间,又被龙木错—双湖缝合带或中央变质杂岩带分为北羌塘和南羌塘 2 个部分(王根厚等, 2023)。其具元古代双层基底(黄继钧, 2001),主体被中、新生代地层覆盖,奥陶系仅出露于局部地区。北羌塘奥陶系主要见于西缘和东缘,其中西缘主要为冬瓜山组生屑灰岩、那克十七江组灰岩、泥质粉砂岩和生屑灰岩及落石沟组瘤状灰岩,东缘主要为青泥洞组板岩、结晶灰岩和石英砂岩及曾子顶组粉砂岩、泥岩、豹斑状灰岩和泥质白云岩。南羌塘奥陶系主要见于与中央变质杂岩带交界的位置,岩性为一套绢云母化粉—细砂岩、钙质粉—细砂岩和结晶灰岩(李才等, 2004)。

拉萨微陆块被北部班公湖—怒江缝合带和南部雅鲁藏布江缝合带所限定(Yin and Harrison, 2000),中部出露新元古代变质基底(Zhu *et al.*, 2013)或可能的太古代和元古代基底(Zhu *et al.*, 2011),之上覆盖有较为完整的寒武纪—中生代中期沉积(计文化等, 2009)。奥陶系主要见于申扎和察隅地区,申扎

主要是一套页岩、粉砂岩、砂岩、泥灰岩、灰岩、泥质条带灰岩、生物碎屑灰岩、结晶灰岩和浅变质板岩、石英岩序列,察隅主要是一套白云岩、白云质灰岩和泥质条带灰岩沉积。

喜马拉雅属印度冈瓦纳陆块北部边缘的一部分,位于雅鲁藏布江缝合带以南、藏南滑脱构造体系以北(Zhu *et al.*, 2013),具元古代变质基底(Liao *et al.*, 2008),之上为近乎连续的早寒武世—古近纪沉积(Myrow *et al.*, 2010; 方翔等, 2020)。喜马拉雅奥陶系主要见于扎达和聂拉木地区,其中扎达由下部砂岩和上部灰岩组成,聂拉木为下部灰岩、泥质灰岩和上部泥岩沉积序列。

保山微陆块为延展于缅甸—泰国—马来西亚—印度尼西亚一带的滇缅泰马(Sibumasu)陆块(Cocks and Torsvik, 2013)的北缘部分,东、西两侧被怒江缝合带和昌宁—孟连缝合带限定(冯庆来等, 2023)。其出露的最古老岩层为埃迪卡拉纪晚期—寒武纪早期的公养河群半深海浊流相浅变质岩层,之后的古生代地层均有发育。奥陶系主要见于保山—芒市一带,发育碎屑岩和局部的白云岩、灰岩、泥灰岩沉积。

海南微陆块的构造边界仍有较大争议,目前发现的最古老岩石单元为中元古代变质岩,昌江(Yao *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2019; Xu *et al.*, 2020)、三亚(赵小明等, 2021)和海口(刘晓春等, 2022)均有发现,预示着海南岛可能具有统一的结晶基底。海口地区和雷州半岛均以新生代火山岩为主,张克信等(2017)将它们归为同一地层分区,文中遵从该划分方案。因此,海南微陆块包括海南岛和雷州半岛,奥陶系见于三亚地区,主要为一套砾岩、石英砂岩、粉砂岩、页岩和灰岩、砾屑灰岩、结晶灰岩沉积序列。

2.2 洋板块中的微陆块

阿尔泰微陆块以额尔齐斯断裂带与准噶尔相隔,其是否具有前寒武纪基底仍有诸多争论(如胡霭琴等, 2002; 李会军等, 2006; 袁超等, 2007),问题核心在于对其古老变质地层的时代存在认知差异,然而,近 10 年来随着锆石年龄测试结果的增多,已逐渐统一认识为确认其存在(如刘源等, 2013; 于根旺等, 2016; 王星等, 2022)。阿尔泰微陆块的奥陶系包括中—上奥陶统哈巴河群(又称喀纳斯群)的变质复理石碎屑岩,及之上东

锡勒克组中—酸性火山岩和白哈巴组的粉砂岩、粉砂质泥岩和灰岩。

伊宁微陆块具有前南华系结晶基底，南部以那拉提断裂相邻于南天山，北部则相接于巴尔喀什微陆块（舒良树等，2013）。伊宁的奥陶系主要分布在霍城和精河：霍城一带为陆块内部沉积，具有从早—中奥陶世粉砂岩、硅质岩、泥岩向晚奥陶世大套厚层状灰岩转变的特征；精河属陆块北缘带，为晚奥陶世晚期大套厚层灰岩盖覆于中—晚奥陶世中—基性火山岩、火山碎屑岩之上。

占据中国东北大部分的微陆块群由额尔古纳、兴安、锡林浩特、松辽和佳木斯组成，它们均具备前寒武纪结晶基底（徐备等，2014；Zhou *et al.*, 2018），南缘以温都尔庙—西拉木仑—延吉缝合带与华北陆块相连。奥陶系主要见于兴安和松辽微陆块，其中兴安以未变质和浅变质的碎屑岩为特征，主要为砾岩、砂岩、粉砂岩、板岩、变质的粉砂岩、砂岩及火山岩、凝灰质碎屑岩，而松辽具有更广泛的火山沉积特征，主要由火山岩、火山碎屑岩和局部层段的板岩、变质粉砂岩组成。

全吉微陆块，又称欧龙布鲁克微陆块，呈狭长条带状展布于柴达木微陆块和祁连造山带之间，由古元古代中—高级变质基底和未变质沉积盖层组成（张建新等，2021）。全吉奥陶系主要见于大柴旦一带，以灰岩、砾状灰岩与页岩、粉砂岩、泥质灰岩的交互沉积为特征。

柴达木微陆块北部以柴北缘早古生代超高压变质带与全吉微陆块相隔，南部毗邻东昆仑造山带，被认为是一个构造—岩浆活化的陆块，分别于新元古代早期、早古生代和晚古生代—中生代经历了岩浆事件（Wu *et al.*, 2022）。其大多数区域被中生界和新生界所覆盖，基岩主要由太古代—中元古代变质基底组成，类似于东昆仑造山带（张建新等，2015，2021）。柴达木微陆块北缘和西缘见有奥陶系祁漫塔格群出露，其主要为一套浅变质碎屑岩、碎屑岩、中酸性火山岩和灰岩形成的沉积序列（孙崇仁等，1997）。

中阿尔金微陆块夹于塔里木陆块和柴达木微陆块之间，其南、北两侧均为阿尔金造山带的杂岩带，内部出露中—新元古代变质基底（张建新等，2015）。奥陶系见于东北部，发育滨浅海环境的生物碎屑灰岩、泥质灰岩、泥灰岩、条带状灰岩、泥

质砂岩、粉砂质泥岩和泥岩。

义敦微陆块呈豆荚状被东部甘孜—理塘缝合带和西部金沙江缝合带所限定，内部又被乡城—格咱断裂带分为西侧中咱微陆块和东部义敦岛弧带 2 个部分（Burchfiel and Chen, 2013）。2 个区域目前已知最古老的地层为新元古代变质碎屑岩，主体被三叠系所覆盖。东义敦的奥陶系主要出露于川西木里地区，为一套呈韵律特征的长石砂岩、石英砂岩、粉砂岩和板岩；中咱的奥陶系见于川西巴塘地区，主要为一套结晶灰岩、白云岩和变质砂岩。

位于保山微陆块以东、隔以昌宁—孟连缝合带的临沧微陆块，主体由新元古代末期—志留纪的澜沧群组成（Wei *et al.*, 2022），奥陶纪为碎屑岩夹火山岩沉积，属岛弧环境（Nie *et al.*, 2015；潘桂棠等，2017；Xing *et al.*, 2017）。

思茅微陆块位于囊括大半中南（旧称印支）半岛的印支（Indo-China）微陆块北部（Cocks and Torsvik, 2013），西部以澜沧江断裂与临沧地块相邻，东部与扬子陆块隔以哀牢山—红河断裂（Wang *et al.*, 2000）。陆块主体被中—新生代地层覆盖，古生界断续出露于区域性断裂附近（钟大赉等，1998）。奥陶系主要见于大理和金平一带，早奥陶世—晚奥陶世早期沉积一套碎屑岩序列，晚奥陶世中晚期转为灰岩组合。

2.3 造山带

准噶尔盆地的东、西两侧分别为东、西准噶尔造山带，由一系列增生杂岩带、洋壳残片和火山岛弧组成（如 Xiao *et al.*, 2008；Choulet *et al.*, 2012），其中西准噶尔记录有具前寒武纪变质基底的微陆块：塔城和拉巴（吴楚等，2016）。东准噶尔的奥陶系见于富蕴南部和巴里坤—伊吾一带，主要为上奥陶统泥质灰岩、灰岩、砂岩、钙质砾岩、安山岩、大理岩、火山碎屑岩及千枚状粉砂岩等。西准噶尔的奥陶系分布于塔城微陆块东侧和拉巴微陆块南缘，主要为火山岩、火山碎屑岩、凝灰质砾岩、砂岩、硅质岩和深变质黑云母石英片岩、变余泥灰质砂岩、绢云母绿泥石千枚岩、硅质千枚岩、变粒粉砂质泥岩等。

北山造山带西临中天山，南接敦煌微陆块，东部覆盖于巴丹吉林沙漠之下，北侧为蒙古造山带（He *et al.*, 2018）。其内部由多个洋内岛弧拼贴而成（Xiao *et al.*, 2010），并存在多个微陆块（He

et al., 2018)。北山的奥陶系主要分布在肃北、瓜州和额济纳旗一带, 为一套火山岩、火山碎屑岩、浅变质的板岩、石英岩、大理岩和砂岩、粉砂岩、硅质岩。

南天山造山带位于伊宁—中天山微陆块和塔里木陆块之间, 主要发育志留纪—泥盆纪的火山—沉积岩, 另见有多条志留纪—石炭纪的蛇绿岩带 (Wang *et al.*, 2014; 王国灿等, 2019), 但在哈尔克山一带出露有奥陶系的变质碎屑岩和大理岩 (张元动等, 2021)。

中央造山带内分布多条蛇绿混杂岩带和榴辉岩相高压—超高压变质变形带 (潘桂棠等, 2009, 2017; Dong and Santosh, 2016), 其内又可细分为多个次级造山带: 祁连、阿尔金、昆仑、秦岭、大别等。苏鲁造山带也被某些学者认为属于中央造山带 (Leech and Webb, 2013)。奥陶系主要分布于祁连、东昆仑和秦岭造山带中。

祁连造山带被塔里木陆块、阿拉善微陆块、柴达木和全吉微陆块所限定, 其中, 中祁连有前寒武纪变质基底, 具微陆块性质 (张建新等, 2015; Yu *et al.*, 2021)。造山带内奥陶系广泛发育, 主要见岛弧性质的火山岩、灰岩、页岩和杂砂岩等, 及洋盆性质的砂岩、页岩和瘤状灰岩等。

东昆仑造山带由古生界和中生界不整合覆盖于前寒武纪基底之上, 并被新元古代和中生代花岗岩和镁铁质—超镁铁质岩体侵入 (Zhang *et al.*, 2017)。奥陶系分别见于格尔木和祁漫塔格山一带, 在格尔木一带为纳赤台群, 主要为一套中变质绿片岩夹灰岩; 在祁漫塔格山一带为祁漫塔格群, 由细砂岩、粉砂岩、中酸性火山岩、凝灰质粉砂岩、板岩、灰岩、变质砂岩、粉砂岩等组成。

秦岭造山带夹于华北和扬子陆块之间, 以商丹缝合带分为南、北 2 个性质不同的部分。北秦岭既不同于华北也不同于扬子, 是一个独立的块体, 与华北以晚寒武世—早志留世的宽坪蛇绿混杂岩带相接 (Dong *et al.*, 2014)。南秦岭具扬子陆块属性 (吴福元等, 2020), 与扬子陆块以勉略缝合带为界, 是一个在扬子陆块北部陆缘形成的陆弧, 多个地区有奥陶系发育, 以板岩、火山岩、凝灰岩、泥岩、泥灰岩、灰岩等具岛弧性质的岩石组合为主, 个别地区产出相对稳定的碳酸盐沉积序列。

华夏造山带为新元古代—早古生代陆内深水裂

谷造山带 (舒良树等, 2008; Shu *et al.*, 2018, 2021) 或元古宙—早古生代洋—陆转换形成的造山带 (潘桂棠等, 2016, 2017; Lin *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2022, 2023; 张克信等, 2024), 以政和—大埔断裂为界分为东、西 2 个部分 (Xu *et al.*, 2007)。西华夏具 1.0—0.9 Ga 和 850—700 Ma 岛弧性质的岩浆岩和变质岩 (Lin *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2023), 它们主要被埃迪卡拉纪—早古生代浊积序列覆盖 (Yao and Li, 2016), 因此, 张克信等 (2024) 认为华夏造山带由多岛洋经洋—陆转换而成。华夏奥陶系分布较为广泛, 多见于西华夏, 为一套砂岩、粉砂岩、页岩和少量灰岩、硅质岩组合。

2.4 疑问块体

准噶尔—吐哈 (吐鲁番—哈密) 块体由准噶尔和吐哈块体组成, 两者虽隔以中生代博格达山, 但它们底部存在相对稳定且统一的刚性基底, 为新元古代形成的新生地壳 (王国灿等, 2019)。准噶尔—吐哈块体的南缘以依连哈比尔尕—冰达坂—米什沟—觉罗塔格构造带与伊宁—中天山微陆块群相连 (张克信, 2015), 主体被中生代陆相盆地沉积所覆盖, 奥陶系出露稀少。

中天山块体以乌瓦门—库米什断裂相隔于南天山, 广泛发育前寒武纪变质岩。奥陶系分布稀少, 发育岛弧性质的玄武岩、安山岩和凝灰岩 (舒良树等, 2013)。

敦煌块体位于塔里木陆块东北侧, 之间隔以星星峡断裂, 东南侧以阿尔金断裂为界, 北接北山构造带。敦煌块体的前寒武纪结晶基底形成于 3.1—1.6 Ga, 与塔里木和华北陆块均有一定的亲缘性, 但中元古代以来的演化历史不同 (赵燕和孙勇, 2018)。中奥陶世—早泥盆世受到区域造山作用影响, 被改造为造山带或构造带 (康磊等, 2023)。奥陶纪, 敦煌块体主要受火山作用影响, 尚未发现该时期的沉积地层。

阿拉善块体呈三角形处于北山造山带、敦煌块体、祁连造山带和华北陆块之间, 具新太古代—古元古代变质基底, 中—新元古代主要为一套浅变质岩系, 显生宙以来岩浆岩占据了该地区露头的主体 (张建新和宫江华, 2018)。

腾冲块体西北部与拉萨微陆块相接 (信迪等, 2018), 其最古老岩石包括形成于埃迪卡拉纪—中

寒武世的具复理石韵律的公养河群（钟大赉等，1998），和原岩来自于晚寒武世—早奥陶世的高黎贡群片岩、片麻岩、变质砂岩、石英岩和大理岩（戚学祥等，2019）。早泥盆世、中—晚二叠世、晚三叠世浅变质沉积岩盖覆其上。

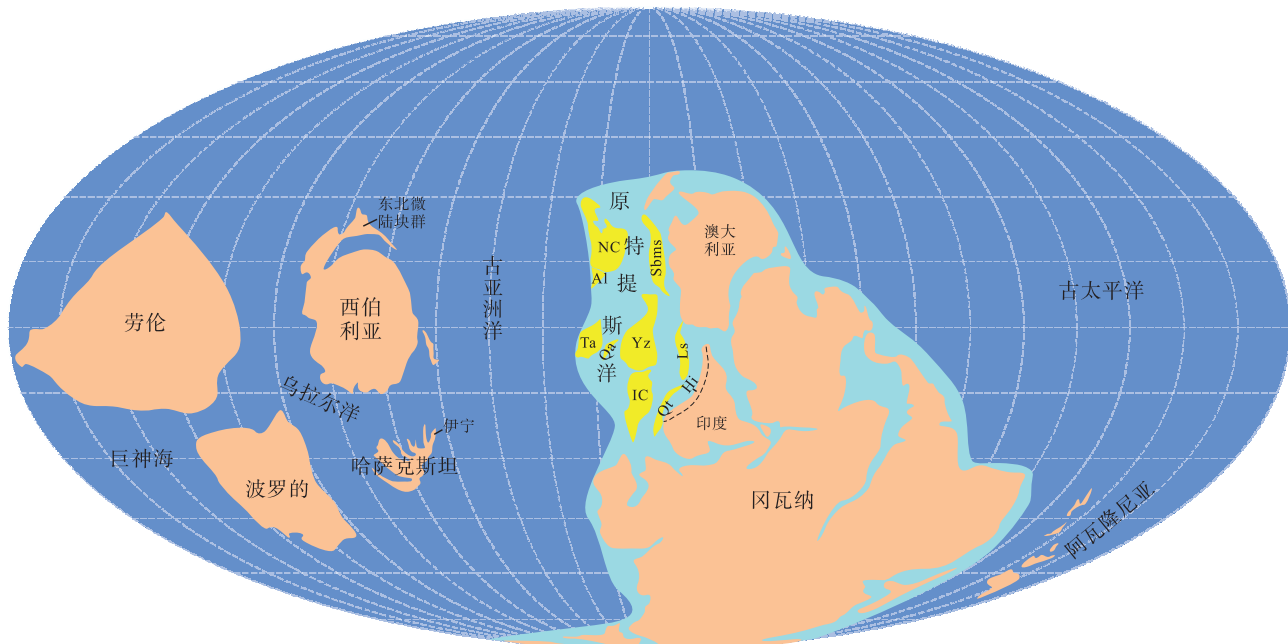
松潘—甘孜块体又称巴颜喀拉块体，夹于昆仑造山带、扬子陆块和羌塘微陆块之间，是一个巨型的倒三角区域，主体被三叠纪巨厚复理石沉积覆盖（Yin and Harrison, 2000），研究程度较低。王海燕等（2016）通过川西地区深地震剖面和航磁异常阐述其基底具陆壳性质，但张雪亭等（2005）以同样手段，并结合沉积序列，认为其基底具有残留洋盆的特性。由于缺乏更多证据，作者以奥陶纪为洋壳属性进行解读。近扬子西缘的川西小金—茂县一带见有奥陶系发育，为大河边组一套石英岩、片岩、大理岩、白云岩和结晶灰岩（辜学达和刘啸虎，1997）。

3 奥陶纪古地理

新元古代（750—600 Ma），随着罗迪尼亚超大陆的裂解，西伯利亚、华北、扬子、塔里木等陆块逐渐漂离，促使了古亚洲洋、原特提斯洋等多个

大洋的出现（Zhao *et al.*, 2018）。古亚洲洋位于西伯利亚陆块和东亚陆块群之间，持续了至少 500 Ma，它的闭合造就了中亚造山带（Windley *et al.*, 2007; Zhao *et al.*, 2018）。原特提斯洋隔离了华北、扬子、塔里木、柴达木等多个陆块和微陆块，寒武纪晚期—中奥陶世（500—460 Ma）开始闭合，导致了东亚陆块群的首次相聚，并展布于冈瓦纳超大陆的北缘区域（Zhao *et al.*, 2018）。需要说明的是，各个陆块的位置存在较大分歧（如 Cocks and Torsvik, 2013; Metcalfe, 2013; Torsvik and Cocks, 2013; Burrett *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2018），其已超出文中的讨论范围且对结果影响较小。文中选择 Zhao 等（2018）研究结果作为表述中国各陆块奥陶纪古地理的主要依据，同时参考其他论述进行修订（图 3）。

阿尔泰、准噶尔—吐哈和东北微陆块群均位于环西伯利亚的古亚洲洋之内（Li *et al.*, 2023），一般被认为属西伯利亚区域。阿尔泰微陆块为西伯利亚南缘活动带的一部分（Rong *et al.*, 2003），或环西伯利亚块体（Cocks and Torsvik, 2007）。准噶尔—吐哈块体属新元古代形成的大洋高原，于晚奥陶世与阿尔泰微陆块拼合（王国灿等，2019）。东北微



AL—阿拉善；Hi—喜马拉雅；IC—印支；Ls—拉萨；NC—华北；Qa—柴达木；Qt—羌塘；Sbms—滇缅泰马；Ta—塔里木；Yz—扬子
图 3 奥陶纪古地理显示各陆块和大洋分布（底图来自 Zhao *et al.*, 2018，根据 Cocks and Torsvik, 2013, Burrett *et al.*, 2014 修改）

Fig. 3 Ordovician palaeogeographic map showing distribution of continents and oceans (base map from Zhao *et al.*, 2018, modified according to Cocks and Torsvik, 2013, Burrett *et al.*, 2014)

陆块群直到新元古代(750—600 Ma)仍位于东冈瓦纳北部边缘,临近扬子和塔里木陆块,在泛非晚期(600 Ma以后)漂过古亚洲洋附着于西伯利亚陆块南部边缘,后来经过古生代重组后,于中生代初期(~250 Ma)形成现有结构(Zhou *et al.*, 2018)。

古亚洲洋内另见有伊宁、北山微陆块群及中天山、北山多个岛弧带。伊宁为哈萨克斯坦陆块的西延,被认为是洋中群岛(Xiao *et al.*, 2010)。中天山块体自南华纪开始从塔里木陆块裂解,至志留纪中期与伊宁微陆块完成拼合(李平等, 2024),共同增生于哈萨克斯坦陆块之上(舒良树等, 2013),但另有研究者认为它从塔里木裂离的时间为志留纪(王国灿等, 2019)或更晚(王博等, 2022),因此,中天山的古地理演化仍需进一步论证。北山造山带内的诸块体可能源自于哥伦比亚超大陆时期的波罗的陆块(He *et al.*, 2018),又于罗迪尼亚超大陆时期与塔里木陆块亲缘(Zhou *et al.*, 2018),在古亚洲洋开启期间,组成洋内群岛(Xiao *et al.*, 2018),与塔里木陆块相隔以古亚洲洋(Xiao *et al.*, 2010)。

华北陆块、塔里木陆块的南、北缘(现今)分别限定了原特提斯洋和古亚洲洋的北、南侧边界(Zhao *et al.*, 2018; 吴福元等, 2020),但阿拉善块体、敦煌块体与它们的联系则是需要进一步阐述的问题。张建新和宫江华(2018)认为阿拉善块体记录有与华北陆块相似的基底岩石组成、地壳演化史、中—新元古代沉积岩系物源和显生宙岩浆—构造—变质事件,表明阿拉善块体可能是华北陆块的一部分。但有学者认为阿拉善块体具有独立的基底(Dan *et al.*, 2012),其发育的罗迪尼亚超大陆汇聚(1000—800 Ma)和泛非事件(约 600 Ma)所引起的构造热事件并未在华北陆块发现(张进等, 2012),可能是在中—晚奥陶世才与华北陆块拼合在一起(李锦轶等, 2012; 张进等, 2012)。然而,无论如何,奥陶纪某一时间段内阿拉善和华北聚合在一起的认知较为统一,因此,笔者将阿拉善块体和华北陆块作为一个古地理单元对待。敦煌块体的亲缘性前文已有阐述,康磊等(2021)判断其埃迪卡拉纪—寒武纪早期沉积的物源可能来自塔里木陆块,因此,敦煌和塔里木可能处于同一古地理区域。

原特提斯洋的存在时限是新元古代—志留纪

(Metcalf, 2021),各分支洋存在于不同陆块和微陆块之间,它们的闭合时间并不一致,但一般发生在晚奥陶世—志留纪(Zhao *et al.*, 2018; 吴福元等, 2020),期间伴随着新的洋盆打开(王保弟等, 2018)。由原特提斯洋演化造成的中央造山带及以南(现今)地区诸陆块之间的联系,和它们与冈瓦纳之间的关系,确定了这些陆块的古地理区域归属。中祁连、中阿尔金、全吉和柴达木等微陆块漂浮于原特提斯洋北部地区,组成微陆块群,可能是构成匈奴—祁连超级地体的组成部分(张建新等, 2015)。扬子陆块和思茅微陆块在寒武纪时已从冈瓦纳裂离,奥陶纪仍隔以大洋(Liu *et al.*, 2020),因此,属原特提斯洋区域成员。羌塘、拉萨、喜马拉雅、保山等微陆块在奥陶纪时近冈瓦纳展布,或隔以弧后盆地,或直接相连(Li *et al.*, 2004, 2024; Zhu *et al.*, 2011; Metcalfe, 2013; Xu *et al.*, 2020),为冈瓦纳区域范畴。

4 中国奥陶纪地理区划

基于前文阐述,将中国按 4 个大区划分为 16 个地理区(图 4):环西伯利亚大区,包括北疆区和兴安区;古亚洲洋大区,包括中天山—北山区;原特提斯洋大区,包括塔里木区、华北区、柴达木—祁连区、昆仑—秦岭区、扬子区、印支区、华夏区和松潘—甘孜区;冈瓦纳大区,包括羌塘区、拉萨区、喜马拉雅区、滇缅泰马区和海南区。需要说明的是,塔里木和华北位于原特提斯洋的北部边缘,其是否为原特提斯洋的组成部分,亦或为古亚洲洋和原特提斯洋的分界,为独立的个体,仍有争议,笔者暂将它们置入原特提斯洋大区中。

环西伯利亚大区的北疆区为环西伯利亚的岛弧带组合(Xiao *et al.*, 2010),包括阿尔泰、准噶尔—吐哈微陆块及东、西准噶尔造山带;兴安区可能为西伯利亚的组成部分(Zhou *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2023),包括东部微陆块群和相邻的造山带。

古亚洲洋大区的中天山—北山区包括伊宁、中天山和北山地区,不再细分。值得注意的是,中天山块体从塔里木陆块裂离的时间仍存在争议,这需要更深入的研究来明确其能否置于该地理区中。

华北区包括华北和阿拉善。塔里木区包括塔里木、敦煌和南天山,塔里木陆块北缘于早古生代属稳定的被动陆缘环境(Xiao *et al.*, 2013),南天山洋的奥

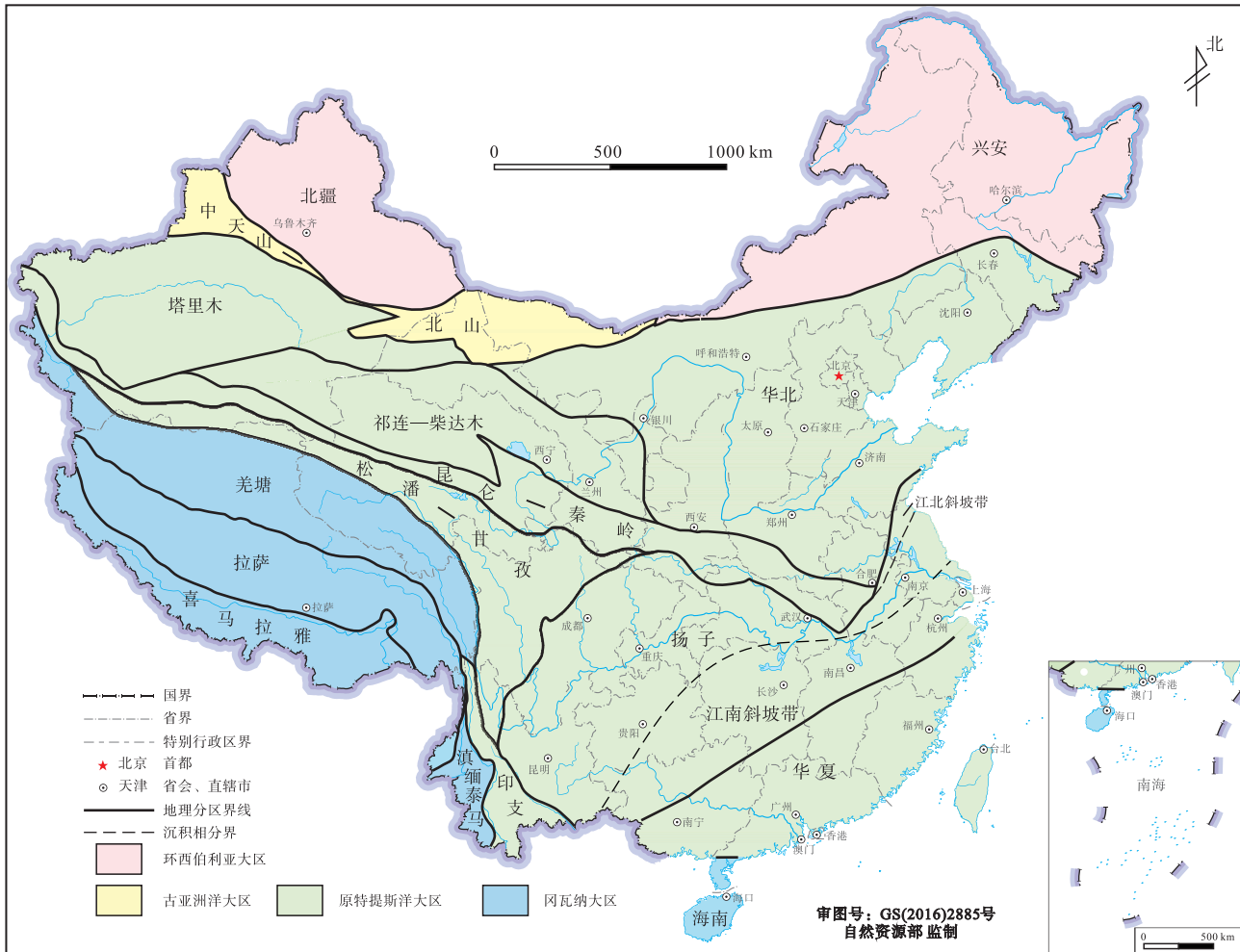


图 4 中国奥陶纪地理分区

Fig. 4 Ordovician geological division of China

陶纪沉积与之联系密切，因此将南天山归入塔里木区。

原特提斯洋北部的中阿尔金、中祁连、全吉、柴达木微陆块群及其周缘造山带划为一个区，为柴达木—祁连区。昆仑、秦岭等中央造山带划为昆仑—秦岭区，代表原特提斯洋北缘带，然而其横跨范围过长，所涉及的构造、沉积等内容研究程度较弱，仍需更深入的探讨。扬子和思茅所属的印支为 2 个较大的陆块，各单独划分为扬子区和印支区，其中扬子内部可细分为扬子台地和江南斜坡带，其东北侧的苏鲁造山带缺失奥陶纪沉积，但其可能为扬子台地的北部斜坡带，因此，将其暂归入扬子区，称为江北斜坡带。华夏奥陶系主要为深水相沉积，与扬子有所差异，两者于晚奥陶世才开始拼合 (Wang *et al.*, 2023)。鉴于华夏的特殊性，适宜单独划分为一个区，为华夏区。松潘—甘孜和义敦均具扬子陆块的亲缘性 (Burchfiel and Chen, 2013;

王海燕等, 2016)，但奥陶系发育较差，研究程度较低，因此将它们置入同一个地理区 (松潘—甘孜区)，以方便后续研究。

羌塘、拉萨、喜马拉雅和保山所在的滇缅泰马微陆块均处于冈瓦纳北缘位置，但它们与印度冈瓦纳或澳大利亚冈瓦纳的关联性具有差异，使其适宜单独划分，分别为羌塘区、拉萨区、喜马拉雅区和滇缅泰马区。南羌塘和北羌塘之间于奥陶纪隔以弧后盆地 (Xu *et al.*, 2020)，在志留纪又拼合在一起 (Li *et al.*, 2024)，因此，将它们统一为羌塘区。腾冲地区尚未发现奥陶系，暂将其归入拉萨区。

海南被认为是华夏的一部分 (Zhou *et al.*, 2015, 2021; Yao *et al.*, 2017)，然而，它们的前寒武纪基底岩石组成不同 (Wang *et al.*, 2015; Xu *et al.*, 2020)，地壳演化历史也差异较大 (Zou *et al.*, 2017)，故海南与华夏属相互独立的块体。

海南与印支微陆块南部的昆嵩块体有着相同的前寒武纪岩石单元,寒武纪的碎屑锆石年龄谱和奥陶纪的构造热事件也具有相似性,表明两者具有古地理亲缘性(王方芊等,2020;张航川,2023)。奥陶纪,海南、昆嵩块体在澳大利亚西北缘组成微陆块群,于奥陶纪末期,随着原特提斯分支洋的关闭,与印支微陆块北部的长山块体、扬子、华夏共同汇聚在冈瓦纳北缘(张航川,2023)。需要说明的是,原特提斯分支洋位于昆嵩和长山块体之间,因此,海南不宜与思茅微陆块统一进印支区中。另外,海南的构造属性尚有较多需要讨论的地方,鉴于这种特殊性,将其单独分区,为海南区。

5 结论

1) 中国陆壳的奥陶系由陆块(微陆块)、洋板块中的微陆块、造山带和疑问块体组成。华北、扬子、塔里木、羌塘、拉萨、喜马拉雅、保山和海南为陆块和微陆块,发育有稳定的碳酸盐和碎屑岩沉积。阿尔泰、伊宁、东北微陆块群、全吉、柴达木、中阿尔金、义敦、临沧、思茅为洋板块中的微陆块,奥陶纪相对稳定,局部变质或夹火山岩、火山碎屑岩。造山带包括东、西准噶尔、北山、南天山、祁连、东昆仑、秦岭和华夏,奥陶系主要由深水环境或岛弧环境形成的碳酸盐岩、碎屑岩、变质岩、火山岩组成。疑问块体包括准噶尔—吐哈、中天山、敦煌、阿拉善、腾冲和松潘—甘孜,奥陶系发育极其有限或缺失。

2) 奥陶纪,中国各陆块主要分布于四大区域:环西伯利亚、古亚洲洋、原特提斯洋和冈瓦纳北缘,其中华北和塔里木陆块分割了古亚洲洋和原特提斯洋。阿尔泰、准噶尔—吐哈和东北微陆块群环西伯利亚分布,古亚洲洋中见有伊宁和北山微陆块群,原特提斯洋中包括中祁连、中阿尔金、全吉、柴达木、扬子、思茅等陆块,冈瓦纳北缘展布有羌塘、拉萨、喜马拉雅、保山、海南等微陆块。

3) 将中国陆壳按照4个大区划分出16个奥陶纪地理区,其中环西伯利亚为北疆区和兴安区,古亚洲洋为中天山—北山区,阿拉善和敦煌分别纳入华北和塔里木区,原特提斯洋中的扬子和华夏分别建区,松潘—甘孜和义敦暂归入一个区,冈瓦纳北缘的各个陆块均单独建区,北羌塘和南羌塘共建一个羌塘区。

致谢 本文得到了中国地质大学(武汉)张克信教授、西北大学孙娇鹏教授等3位审稿专家提出的建设性修改意见,在此表示诚挚的感谢!

参考文献 (References)

- 方翔,李文杰,于深洋,甄勇毅,张元动. 2020. 西藏南部和中部地区的奥陶系. 地层学杂志,44(4): 349-365. [Fang X, Li W J, Yu S Y, Zhen Y Y, Zhang Y D. 2020. Ordovician stratigraphy of the southern and central Xizang(Tibet), China. *Journal of Stratigraphy*, 44(4): 349-365]
- 冯庆来,刘桂春,甘正勤,赵天宇,菅建威,魏月华. 2023. 滇西南原—古特提斯演化研究. 中国科学: 地球科学,53(12): 2767-2788. [Feng Q L, Liu G C, Gan Z Q, Zhao T Y, Zi J W, Wei Y H. 2023. Tethyan Evolution from early Paleozoic to early Mesozoic in southwest Yunnan. *Scientia Sinica(Terrae)*, 53(12): 2767-2788]
- 冯增昭,彭勇民,金振奎,鲍志东. 2003a. 中国早奥陶世岩相古地理. 古地理学报,5(1): 1-16. [Feng Z Z, Peng Y M, Jin Z K, Bao Z D. 2003a. Lithofacies palaeogeography of the Early Ordovician in China. *Journal of Palaeogeography(Chinese Edition)*, 5(1): 1-16]
- 冯增昭,彭勇民,金振奎,鲍志东. 2003b. 中国中奥陶世岩相古地理. 古地理学报,5(3): 263-278. [Feng Z Z, Peng Y M, Jin Z K, Bao Z D. 2003b. Lithofacies palaeogeography of the Middle Ordovician in China. *Journal of Palaeogeography(Chinese Edition)*, 5(3): 263-278]
- 冯增昭,彭勇民,金振奎,鲍志东. 2004a. 中国晚奥陶世岩相古地理. 古地理学报,6(2): 127-139. [Feng Z Z, Peng Y M, Jin Z K, Bao Z D. 2004a. Lithofacies palaeogeography of the Late Ordovician in China. *Journal of Palaeogeography(Chinese Edition)*, 6(2): 127-139]
- 冯增昭,彭勇民,金振奎,鲍志东. 2004b. 中国寒武纪和奥陶纪岩相古地理. 北京: 石油工业出版社,1-233. [Feng Z Z, Peng Y M, Jin Z K, Bao Z D. 2004b. Lithofacies palaeogeography of the Cambrian and Ordovician in China. Beijing: Petroleum Industry Press, 1-233]
- 辜学达,刘啸虎. 1997. 四川省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社,1-417. [Gu X D, Liu X H. 1997. Lithostratigraphy of Sichuan Province. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1-417]
- 胡霭琴,张国新,张前锋,李天德,张积斌. 2002. 阿尔泰造山带变质岩系时代问题的讨论. 地质科学,37(2): 129-142. [Hu A Q, Zhang G X, Zhang Q F, Li T D, Zhang J B. 2002. A review on ages of Precambrian metamorphic rocks from Altai orogen in Xinjiang, NW China. *Chinese Journal of Geology*, 37(2): 129-142]
- 黄继钧. 2001. 藏北羌塘盆地构造特征及演化. 中国区域地质, 20(2): 178-186. [Huang J J. 2001. Tectonic characteristics and evolution of the Qiangtang Basin. *Regional Geology of China*, 20(2): 178-186]
- 计文化,陈守建,赵振明,李荣社,何世平,王超. 2009. 西藏冈底斯构造带申扎一带寒武系火山岩的发现及其地质意义. 地质通报, 28(9): 1350-1354. [Ji W H, Chen S J, Zhao Z M, Li R S, He S P, Wang C. 2009. Discovery of the Cambrian volcanic rocks in the Xainza area, Gangdese orogenic belt, Tibet, China and its signifi-

- cance. *Geological Bulletin of China*, 28(9): 1350-1354]
- 康磊, 李天虎, 王杰, 计文化, 王涛, 陈奋宁, 刘学均, 张超. 2021. 敦煌地区晚震旦世一早寒武世沉积地层的发现及其大地构造意义. *岩石学报*, 37(7): 2103-2122. [Kang L, Li T H, Wang J, Ji W H, Wang T, Chen F N, Liu X J, Zhang C. 2021. Discovery of Late Sinian-Early Cambrian sedimentary strata in Dunhuang area and its tectonic significances. *Acta Petrologica Sinica*, 37(7): 2103-2122]
- 康磊, 王涛, 李天虎, 计文化, 王杰, 董浩强, 张玉, 张超. 2023. 敦煌地块寒武纪一早奥陶世中酸性侵入体: 古亚洲洋南缘古生代早期俯冲的记录. *岩石学报*, 39(3): 823-844. [Kang L, Wang T, Li T H, Ji W H, Wang J, Dong H Q, Zhang Y, Zhang C. 2023. Cambrian-Early Ordovician intrusive bodies in Dunhuang Block: Records of Paleo-Asian Ocean subduction and implications for regional Early Paleozoic tectonic evolution. *Acta Petrologica Sinica*, 39(3): 823-844]
- 赖才根, 等. 1982. 中国的奥陶系. 北京: 地质出版社, 1-297. [Lai C G, et al.. 1982. Ordovician of China. Beijing: Beijing: Geological Publishing House, 1-297]
- 李才, 程立人, 张以春, 翟庆国. 2004. 西藏羌塘南部发现奥陶纪一泥盆纪地层. *地质通报*, 23(5-6): 602-604. [Li C, Cheng L R, Zhang Y C, Zhai Q G. 2004. Discovery of Ordovician-Devonian strata in the south of the Qiangtang area. Tibet. *Geological Bulletin of China*, 23(5-6): 602-604]
- 李会军, 何国琦, 吴泰然, 吴波. 2006. 阿尔泰-蒙古微大陆的确定及其意义. *岩石学报*, 22(5): 1369-1379. [Li H J, He G Q, Wu T R, Wu B. 2006. Confirmation of Altai-Mongolia microcontinent and its implications. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1369-1379]
- 李锦铁, 张进, 杨天南, 李亚萍, 孙桂华, 朱志新, 王励嘉. 2009. 北亚造山带南部及其毗邻地区地壳构造分区与构造演化. *吉林大学学报(地球科学版)*, 39(4): 584-605. [Li J Y, Zhang J, Yang T N, Li Y P, Sun G H, Zhu Z X, Wang L J. 2009. Crustal tectonic division and evolution of the southern part of the North Asian orogenic region and its adjacent areas. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 39(4): 584-605]
- 李锦铁, 张进, 曲军峰. 2012. 华北与阿拉善两个古陆在早古生代晚期拼合: 来自宁夏牛首山沉积岩系的证据. *地质论评*, 58(2): 208-214. [Li J Y, Zhang J, Qu J F. 2012. Amalgamation of North China Craton with Alxa Block in the Late of Early Paleozoic: evidence from sedimentary sequences in the Niushou Mountain, Ningxia Hui Autonomous Region, NW China. *Geological Review*, 58(2): 208-214]
- 李平, 朱涛, 吕鹏瑞, 王洪亮, 陈隽璐. 2024. 西天山早寒武世夏特辉长岩: 南天山洋早期俯冲的岩浆记录. *西北地质*, 57(3): 44-58. [Li P, Zhu T, Lü P R, Wang H L, Chen J L. 2024. Early Cambrian Xiata Gabbro in western Tianshan: magmatic records of initial subduction of the South Tianshan Ocean. *Northwestern Geology*, 57(3): 44-58]
- 刘晓春, 胡娟, 陈龙耀, 夏蒙蒙, 韩建恩, 胡道功. 2022. 海南岛东北部木栏头变质杂岩的组成、时代及其区域大地构造意义. *地质学报*, 96(9): 3051-3083. [Liu X C, Hu J, Chen L Y, Xia M M, Han J E, Hu D G. 2022. The Mulantou metamorphic complex from north-eastern Hainan Island, South China: compositions, ages and tectonic implications. *Acta Geologica Sinica*, 96(9): 3051-3083]
- 刘源, 杨家喜, 胡健民, 王雁飞, 王媛. 2013. 阿尔泰构造带喀纳斯群时代的厘定及其意义. *岩石学报*, 29(3): 887-898. [Liu Y, Yang J X, Hu J M, Wang Y F, Wang Y. 2013. Restricting the deposition age of the Kanas Group of Altai tectonic belt and its implications. *Acta Petrologica Sinica*, 29(3): 887-898]
- 陆松年, 于海峰, 金巍, 李怀坤, 郑健康. 2002. 塔里木古大陆东缘的微小陆块体群. *岩石矿物学杂志*, 21(4): 317-326. [Lu S N, Yu H F, Jin W, Li H K, Zheng J K. 2002. Microcontinents on the eastern margin of Tarim paleocontinent. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 21(4): 317-326]
- 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. *中国地质*, 36(1): 1-28. [Pan G T, Xiao Q H, Lu S N, Deng J F, Feng Y M, Zhang K X, Zhang Z Y, Wang F G, Xing G F, Hao G J, Feng Y F. 2009. Subdivision of tectonic units of China. *Geology in China*, 36(1): 1-28]
- 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. *地学前缘*, 23(6): 1-23. [Pan G T, Lu S N, Xiao Q H, Zhang K X, Yin F G, Hao G J, Luo M S, Ren F, Yuan S H. 2016. Division of tectonic stages and tectonic evolution in China. *Earth Science Frontiers*, 23(6): 1-23]
- 潘桂棠, 肖庆辉, 等. 2017. 中国大地构造. 北京: 地质出版社, 1-617. [Pan G T, Xiao Q H, et al. 2017. Geotectonics in China. Beijing: Geological Publishing House, 1-617]
- 戚学祥, 韦诚, 蔡志慧, 黄蒙辉, 刘燕学, 张超, 吉凤宝. 2019. 滇西腾冲地块高黎贡群变质沉积岩时代与原特提斯洋俯冲/增生: 来自碎屑锆石 U-Pb 定年和岩石地球化学证据. *地质学报*, 93(1): 94-116. [Qi X X, Wei C, Cai Z H, Huang M H, Liu Y X, Zhang C, Ji F B. Sedimentary age of metamorphic rocks of Gaoligong Group in Tengchong Block, western Yunnan and its relationship with subduction/accretion of prototethys: evidences from detrital zircon U-Pb dating and geochemistry. *Acta Geologica Sinica*, 93(1): 94-116]
- 秦克章, 翟明国, 李光明, 赵俊兴, 曾庆栋, 高俊, 肖文交, 李继亮, 孙枢. 2017. 中国陆壳演化、多块体拼合造山与特色成矿的关系. *岩石学报*, 33(2): 305-325. [Qin K Z, Zhai M G, Li G M, Zhao J X, Zeng Q D, Gao J, Xiao W J, Li J L, Sun S. 2017. Links of collage orogenesis of multiblocks and crust evolution to characteristic metallogenesis in China. *Acta Petrologica Sinica*, 33(2): 305-325]
- 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚, 姜春发, 牛宝贵, 李锦铁, 谢广连, 和政军, 刘志刚. 1999. 从全球看中国大地构造: 中国及邻区大地构造图简要说明. 北京: 地质出版社, 1-50. [Ren J S, Wang Z X, Chen B W, Jiang C F, Niu B G, Li J T, Xie G L, He Z J, Liu Z G. 1999. China Tectonics in View of Whole Earth: Brief Introduction to A Tectonic Map of China and Its Adjacent Area (1: 5000000). Beijing: Geological Publishing House, 1-50]
- 舒良树, 于津海, 贾东, 王博, 沈渭洲, 张岳桥. 2008. 华南东段早古生代造山带研究. *地质通报*, 27(10): 1581-1593. [Shu L S, Yu J H, Jia D, Wang B, Shen W Z, Zhang Y Q. 2008. Early Paleozoic orogenic belt in the eastern segment of South China. *Geological Bulletin of China*, 27(10): 1581-1593]
- 舒良树, 朱文斌, 王博, 吴昌志, 马东升, 马绪宣, 丁海峰. 2013. 新疆古块体的形成与演化. *中国地质*, 40(1): 43-60. [Shu L S, Zhu

- W B, Wang B, Wu C Z, Ma D S, Ma X X, Ding H F. 2013. The formation and evolution of ancient blocks in Xinjiang. *Geology in China*, 40(1): 43-60]
- 孙崇仁, 陈国隆, 李璋荣. 1997. 青海省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1-340. [Sun C R, Chen G L, Li Z R. 1997. Lithostratigraphy of Qinghai Province. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1-340]
- 王保弟, 王立全, 潘桂棠, 尹福光, 王冬兵, 唐渊. 2013. 昌宁—孟连结合带南汀河早古生代辉长岩锆石年代学及地质意义. *科学通报*, 58(4): 344-354. [Wang B D, Wang L Q, Pan G T, Yin F G, Wang D B, Tang Y. 2013. U-Pb zircon dating of Early Paleozoic gabbro from the Nantinghe ophiolite in the Changning-Menglian suture zone and its geological implication. *Chinese Science Bulletin*, 58(8): 920-930]
- 王保弟, 王立全, 王冬兵, 尹福光, 贺娟, 彭智敏, 闫国川. 2018. 三江昌宁—孟连带原—古特提斯构造演化. *地球科学*, 43(8): 2527-2550. [Wang B D, Wang L Q, Wang D B, Yin F G, He J, Peng Z M, Yan G C. 2018. Tectonic evolution of the Changning-Menglian Proto-Paleo Tethys Ocean in the Sanjiang area, Southwestern China. *Earth Science*, 43(8): 2527-2550]
- 王博, 宋芳, 倪兴华, 曹婷婷, 刘珈硕, 钟凌林, 孙朝晨, 孙雨欣, 邓聚, 李盈莹, 朱鑫, 刘洪升, 何智远. 2022. 天山古生代增生造山作用及其构造转换事件. *地质学报*, 96(10): 3514-3540. [Wang B, Song F, Ni X H, Cao T T, Liu J S, Zhong L L, Sun C C, Sun Y X, Deng J, Li Y Y, Zhu X, Liu H S, He Z Y. 2022. Paleozoic accretionary orogenesis and major transitional tectonic events of the Tianshan orogen. *Acta Geologica Sinica*, 96(10): 3514-3540]
- 王冬兵, 罗亮, 唐渊, 尹福光, 王保弟, 王立全. 2016. 昌宁—孟连结合带牛井山早古生代埃达克岩锆石 U-Pb 年龄、岩石成因及其地质意义. *岩石学报*, 32(8): 2317-2329. [Wang D B, Luo L, Tang Y, Yin F G, Wang B D, Wang L Q. 2016. Zircon U-Pb dating and petrogenesis of Early Paleozoic adakites from the Niujiangshan ophiolitic mélangé in the Changning-Menglian suture zone and its geological implications. *Acta Petrologica Sinica*, 32(8): 2317-2329]
- 王方芊, 于津海, Nguyen D L, 蒋威. 2020. 越南中部 Kontum 地块前寒武纪地壳组成和构造演化. *高校地质学报*, 26(2): 161-174. [Wang F Q, Yu J H, Nguyen D L, Jiang W. 2020. Precambrian crust components and its tectonic evolution of the Kontum Massif, Central Vietnam. *Geological Journal of China Universities*, 26(2): 161-174]
- 王根厚, 李典, 梁晓. 2023. 南羌塘印支期增生造山带组成、结构及演化. *地学前缘*, 30(3): 242-261. [Wang G H, Li D, Liang X. 2023. Structure, composition and evolution of the Indosinian South Qiangtang accretionary complex. *Earth Science Frontiers*, 30(3): 242-261]
- 王国灿, 张孟, 冯家龙, 廖群安, 张雄华, 康磊, 郭瑞禄, 玄泽悠, 韩凯宇. 2019. 东天山新元古代—古生代大地构造格架与演化新认识. *地质力学学报*, 25(5): 798-819. [Wang G C, Zhang M, Feng J L, Liao Q A, Zhang X H, Kang L, Guo R L, Xuan Z Y, Han K Y. 2019. New understanding of the tectonic framework and evolution during the Neoproterozoic-Paleozoic era in the East Tianshan Mountains. *Journal of Geomechanics*, 25(5): 798-819]
- 王海燕, 高锐, 张季生, 李秋生, 管焯, 李文辉, 郭晓玉, 李洪强. 2016. 松潘—甘孜地块地壳性质再研究. *地质科学*, 51(1): 41-52. [Wang H Y, Gao R, Zhang J S, Li Q S, Guan Y, Li W H, Guo X Y, Li H Q. 2016. Research of the crustal property of the Songpan-Garze block. *Chinese Journal of Geology*, 51(1): 41-52]
- 王鸿祯. 1985. 中国古地理图集. 北京: 地质出版社, 1-139. [Wang H Z. 1985. Atlas of the Palaeogeography of China. Beijing: Geological Publishing House, 1-139]
- 王鸿祯, 何国琦, 张世红. 2006. 中国与蒙古之地质. *地学前缘*, 13(6): 1-13. [Wang H Z, He G Q, Zhang S H. 2006. The geology of China and Mongolia. *Earth Science Frontiers*, 13(6): 1-13]
- 汪啸风. 1989. 中国奥陶纪古地理重建及其沉积环境与生物相特征. *古生物学报*, 28(2): 234-248. [Wang X F. 1989. Palaeogeographic reconstruction of Ordovician in China and characteristics of its sedimentary environment and biofacies. *Acta Palaeontologica Sinica*, 28(2): 234-248]
- 汪啸风, 陈孝红, 等. 2005. 中国各地质时代地层划分与对比. 北京: 地质出版社, 1-596. [Wang X F, Chen X H, et al.. 2005. Stratigraphic Division and Comparison of Different Geological Periods in China. Beijing: Geological Publishing House, 1-596]
- 王星, 蔺新望, 张亚峰, 赵端昌, 赵江林, 仵桐, 刘坤. 2022. 新疆北部友谊峰一带喀纳斯群碎屑锆石 U-Pb 年龄及其对阿尔泰造山带构造演化的启示. *地质通报*, 41(9): 1574-1588. [Wang X, Lin X W, Zhang Y F, Zhao D C, Zhao J L, Wu T, Liu K. 2022. Detrital zircon U-Pb age of the Kanas Group from the Friendship Peak region in northern Xinjiang and its implications for the tectonic evolution of the Altay Orogenic Belt. *Geological Bulletin of China*, 41(9): 1574-1588]
- 王志伟, 刘振宇, 杨振宁, 张立杨, 王智慧, 徐备, 李灿清, 孙瑜欣, 徐引, 朱泰昌. 2023. 中亚造山带东部微陆块在 Columbia-Rodinia 超大陆演化中的岩浆-沉积记录. *地质评论*, 69(6): 2115-2140. [Wang Z W, Liu Z Y, Yang Z N, Zhang L Y, Wang Z H, Xu B, Li C Q, Sun Y X, Xu Y, Zhu T C. 2023. Magmatic and sedimentary records of Columbia-Rodinia supercontinent cycle in microcontinents within eastern central Asian orogenic belt. *Geological Review*, 69(6): 2115-2140]
- 吴楚, 董连慧, 周刚, 赵树铭, 屈迅, 洪涛, 游军, 李昊, 张国梁, 刘妍, 徐兴旺. 2016. 西准噶尔古生代构造单元划分与构造演化. *新疆地质*, 34(3): 302-311. [Wu C, Dong L H, Zhou G, Zhao S M, Qu X, Hong T, You J, Li H, Zhang G L, Liu Y, Xu X W. 2016. Paleozoic tectonic units and evolution of West Junggar, CAOB. *Xinjiang Geology*, 34(3): 302-311]
- 吴福元, 万博, 赵亮, 肖文交, 朱日祥. 2020. 特提斯地球动力学. *岩石学报*, 36(6): 1627-1674. [Wu F Y, Wan B, Zhao L, Xiao W J, Zhu R X. 2020. Tethyan geodynamics. *Acta Petrologica Sinica*, 36(6): 1627-1674]
- 徐备, 赵盼, 鲍庆中, 周永恒, 王炎阳, 罗志文. 2014. 兴蒙造山带前中生代构造单元划分初探. *岩石学报*, 30(7): 1841-1857. [Xu B, Zhao P, Bao Q Z, Zhou Y H, Wang Y Y, Luo Z W. 2014. Preliminary study on the pre-Mesozoic tectonic unit division of the Xing-Meng Orogenic Belt (XMOB). *Acta Petrologica Sinica*, 30(7): 1841-1857]
- 于根旺, 王伟, 赵越, 刘江楠, 初航, 张颖慧. 2016. 阿尔泰逸变带中夹层石英岩的 LA-ICP-MS 碎屑锆石 U-Pb 年龄: 对沉积时

- 限及物源的限定. 中国地质, 43(2): 500-510. [Yu G W, Wang W, Zhao Y, Liu J N, Chu H, Zhang Y H. 2016. LA-ICP-MS detrital zircon U-Pb ages of interbedded quartzite from the metamorphic belt of the Chinese Altay: constraint on depositional time and provenance. *Geology in China*, 43(2): 500-510]
- 袁超, 孙敏, 龙晓平, 夏小平, 肖文交, 李献华, 林寿发, 蔡克大. 2007. 阿尔泰哈巴河群的沉积时代及其构造背景. 岩石学报, 23(7): 1635-1644. [Yuan C, Sun M, Long X P, Xia X P, Xiao W J, Li X H, Lin S F, Cai K D. 2007. Constraining the deposition time and tectonic background of the Habahe Group of the Altai. *Acta Petrologica Sinica*, 23(7): 1635-1644]
- 张航川. 2023. 海南岛早古生代—石炭纪构造演化：来自碎屑物源—变质作用的约束. 中国地质大学博士论文：1-195. [Zhang H C. 2020. Early Paleozoic-Carboniferous Tectonic Evolution of Hainan Island: Constraints from Provenance Analysis and Metamorphism. Doctoral dissertation of China University of Geosciences: 1-195]
- 张建新, 于胜尧, 李云帅, 喻星星, 林宜慧, 毛小红. 2015. 原特提斯洋的俯冲、增生及闭合：阿尔金—祁连—柴北缘造山系早古生代增生/碰撞造山作用. 岩石学报, 31(12): 3531-3554. [Zhang J X, Yu S Y, Li Y S, Yu X X, Lin Y H, Mao X H. 2015. Subduction, accretion and closure of Proto-Tethyan Ocean: Early Paleozoic accretion/collision orogeny in the Altun-Qilian-North Qaidam orogenic system. *Acta Petrologica Sinica*, 31(12): 3531-3554]
- 张建新, 宫江华. 2018. 阿拉善地块性质和归属的再认识. 岩石学报, 34(4): 940-962. [Zhang J X, Gong J H. 2018. Revisiting the nature and affinity of the Alxa Block. *Acta Petrologica Sinica*, 34(4): 940-962]
- 张建新, 路增龙, 毛小红, 滕霞, 周桂生, 武亚威, 郭祺. 2021. 青藏高原东北缘早古生代造山系中前寒武纪微陆块的再认识：兼谈原特提斯洋的起源. 岩石学报, 37(1): 74-94. [Zhang J X, Lu Z L, Mao X H, Teng X, Zhou G S, Wu Y W, Guo Q. 2021. Revisiting the Precambrian micro-continental blocks within the Early Paleozoic orogenic system of the northeastern Qinghai-Tibet Plateau: insight into the origin of Proto-Tethyan Ocean. *Acta Petrologica Sinica*, 37(1): 74-94]
- 张进, 李锦轶, 刘建峰, 李岩峰, 曲军峰, 冯乾文. 2012. 早古生代阿拉善地块与华北地块之间的关系：来自阿拉善东缘中奥陶统碎屑锆石的信息. 岩石学报, 28(9): 2912-2934. [Zhang J, Li J Y, Liu J F, Li Y F, Qu J F, Feng Q W. 2012. The relationship between the Alxa Block and the North China Plate during the Early Paleozoic: new information from the Middle Ordovician detrital zircon ages in the eastern Alxa Block. *Acta Petrologica Sinica*, 28(9): 2912-2934]
- 张克信, 殷鸿福, 朱云海, 王国灿, 冯庆来, 龚一鸣. 2003. 史密斯地层与非史密斯地层. 地球科学, 28(4): 361-369. [Zhang K X, Yin H F, Zhu Y H, Wang G C, Feng Q L, Gong Y M. 2003. Smith strata and non-Smith strata. *Earth Science*, 28(4): 361-369]
- 张克信. 2015. 中国沉积大地构造图说明书. 北京：地质出版社, 1-127. [Zhang K X. 2015. Explanatory Note to The Sedimentary Tectonic Map of China. Beijing: Geological Publishing House, 1-127]
- 张克信, 何卫红, 徐亚东, 骆满生, 宋博文, 寇晓虎, 张智勇, 肖庆辉, 潘桂棠. 2016. 中国洋板块地层分布及构造演化. 地学前缘, 23(6): 24-30. [Zhang K X, He W H, Xu Y D, Luo M S, Song B W, Kou X H, Zhang Z Y, Xiao Q H, Pan G T. 2016. Palaeogeographic distribution and tectonic evolution of OPS in China. *Earth Science Frontiers*, 23(6): 24-30]
- 张克信, 何卫红, 徐亚东, 宋博文, 骆满生. 2017. 中国沉积岩建造与沉积大地构造. 北京：地质出版社, 1-604. [Zhang K X, He W H, Xu Y D, Song B W, Luo M S. 2017. Sedimentary Formations and Tectonics of China. Beijing: Geological Publishing House, 1-604]
- 张克信, 何卫红, 徐亚东, 王丽君, 牛志军, 邢光福, 王嘉轩, 徐德明, 赵希林, 宋芳, 寇晓虎. 2024. 华夏造山系元古宙—早古生代洋板块地层分布与演化. 华南地质, 40(2): 181-210. [Zhang K X, He W H, Xu Y D, Wang L J, Niu Z J, Xing G F, Wang J X, Xu D M, Zhao X L, Song F, Kou X H. 2024. Distribution and evolution of OPS from Proterozoic to Early Paleozoic in the Cathaysian Orogen. *South China Geology*, 40(2): 181-210]
- 张雪亭, 王秉璋, 俞建, 王培俭, 丁西岐, 古风宝, 张显廷. 2005. 巴颜喀拉残留洋盆的沉积特征. 地质通报, 24(7): 613-620. [Zhang X T, Wang B Z, Yu J, Wang P J, Ding X Q, Gu F B, Zhang X T. 2005. Sedimentary characteristics of the Bayan Har remnant ocean basin, northwestern China. *Geological Bulletin of China*, 24(7): 613-620]
- 张元动, 詹仁斌, 袁文伟, 唐鹏, 李越, 王志浩, 周志毅, 方翔, 李文杰, 成俊峰. 2021. 中国奥陶纪岩石地层划分和对比. 地层学杂志, 45(3): 250-270. [Zhang Y D, Zhan R B, Yuan W W, Tang P, Li Y, Wang Z H, Zhou Z Y, Fang X, Li W J, Cheng J F. 2021. Lithostratigraphic subdivision and correlation of the Ordovician in China. *Journal of Stratigraphy*, 45(3): 250-270]
- 赵小明, 姚华舟, 裴毅俊, 胡在龙, 袁海军, 汪洋, 张仁杰, 何金兰, 龙文国, 吴年文. 2020. 海南儋州兰洋地区发现泥盆纪地层：来自锆石 U-Pb 年龄的证据. 地质通报, 39(6): 818-826. [Zhao X M, Yao H Z, Pei Y J, Hu Z L, Yuan H J, Wang Y, Zhang R J, He J L, Long W G, Wu N W. 2020. The discovery of Devonian strata in Lanyang area, Danzhou, Hainan Province: evidence from the zircon U-Pb ages. *Geological Bulletin of China*, 39(6): 818-826]
- 赵燕, 孙勇. 2018. 敦煌复合造山带前寒武纪地质体的组成和演化. 岩石学报, 34(4): 963-980. [Zhao Y, Sun Y. 2018. Composition and evolution of Precambrian geological units in the composite Dunhuang orogenic belt, Northwest China. *Acta Petrologica Sinica*, 34(4): 963-980]
- 钟大赉, 等. 1998. 滇川西部古特提斯造山带. 北京：科学出版社, 1-231. [Zhong D L, *et al.*. Paleotethysides in West Yunnan and Sichuan, China. Beijing: Science Press, 1-248]
- 周志毅, 林焕令, 倪寓南. 1995. 早古生代板块构造和地质演化. 见：周志毅, 林焕令. 西北地区地层、古地理和板块构造. 南京：南京大学出版社, 2-20. [Zhou Z Y, Lin H L, Ni Y N. 1995. Early Paleozoic plate tectonics and geological evolution. In: Zhou Z Y, Lin H L. Stratigraphy, Paleogeography and Plate Tectonics of Northwest China. Nanjing: Nanjing University Press, 2-20]
- 周志毅, 甄勇毅, 周志强, 袁文伟. 2008. 中国奥陶纪地理区划纲要. 古地学报, 10(2): 175-182. [Zhou Z Y, Zhen Y Y, Zhou Z Q, Yuan W W. 2008. Division of the Ordovician geographic units of China: a synopsis. *Journal of Palaeogeography (Chinese Edition)*, 10(2): 175-182]

- Burchfiel B C, Chen Z L. 2013. Tectonics of the Southeastern Tibetan Plateau and Its Adjacent Foreland. Boulder, Colorado: Geological Society of America, Memoir 210, 1–164.
- Burrett C F, Khin Z, Meffre S, Lai C K, Khositantont S, Chaodumrong P, Udchachon M, Ekins S, Halpin J. 2014. The configuration of Greater Gondwana: evidence from U-Pb geochronology of detrital zircons from the Palaeozoic and Mesozoic of Southeast Asia and China. *Gondwana Research*, 26(1): 31–51.
- Chen X, Rong J Y. 1992. Ordovician plate tectonics of China and its neighbouring regions. In: Webby B D, Laurie J R (eds). *Global Perspectives on Ordovician Geology*. Rotterdam, Brookfield: A Balkema, 277–291.
- Chen X, Rong J Y, Zhou Z Y. 2003. Ordovician biostratigraphy of China. In: Zhang W T, Chen P J, Palmer A R (eds). *Biostratigraphy of China*. Beijing: Science Press, 121–171.
- Choulet F, Faure M, Cluzel D, Chen Y, Lin W, Wang B. 2012. From oblique accretion to transpression in the evolution of the Altaid collage: new insights from West Junggar, northwestern China. *Gondwana Research*, 21: 530–547.
- Cocks L R M, Torsvik T H. 2007. Siberia, the wandering northern terrane, and its changing geography through the Palaeozoic. *Earth-Science Reviews*, 82: 29–74.
- Cocks L R M, Torsvik T H. 2013. The dynamic evolution of the Palaeozoic geography of eastern Asia. *Earth-Science Reviews*, 117: 40–79.
- Dan W, Li X H, Guo J H, Liu Y, Wang X C. 2012. Paleoproterozoic evolution of the eastern Alxa Block, westernmost North China: evidence from in situ zircon U-Pb dating and Hf-O isotopes. *Gondwana Research*, 21(4): 838–864.
- Dong Y P, Yang Z, Liu X M, Zhang X N, He D F, Li W, Zhang F F, Sun S S, Zhang H F, Zhang G W. 2014. Neoproterozoic amalgamation of the Northern Qinling terrain to the North China Craton: constraints from geochronology and geochemistry of the Kuanping ophiolite. *Precambrian Research*, 255: 77–95.
- Dong Y P, Santosh M. 2016. Tectonic architecture and multiple orogeny of the Qinling Orogenic Belt, Central China. *Gondwana Research*, 29: 1–40.
- He Z Y, Klemd R, Yan L L, Zhang Z M. 2018. The origin and crustal evolution of microcontinents in the Beishan orogen of the southern Central Asian Orogenic Belt. *Earth-Science Reviews*, 185: 1–14.
- Leech M L, Webb L E. 2013. Is the HP-UHP Hong'an-Dabie-Sulu orogen a piercing point for offset on the Tan-Lu fault? *Journal of Asian Earth Sciences*, 63: 112–129.
- Li G Y, Zhou J B, Li L. 2023. The Jiamusi Block: a hinge of the tectonic transition from the Paleo-Asian Ocean to the Paleo-Pacific Ocean regimes. *Earth-Science Reviews*, 236: 104279.
- Li P W, Rui G, Cui J W, Ye G. 2004. Paleomagnetic analysis of eastern Tibet: implications for the collisional and amalgamation history of the Three Rivers Region, SW China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 24: 291–310.
- Li X, Suzuki N, Zhang Y C, Zhang H, Luo M, Yuan D X, Zheng Q F, Qie W K, Ju Q, Qiao F, Xu H P, Cui X H. 2024. The central Qiangtang Metamorphic Belt in northern Tibet is an in-situ Paleo-Tethys Ocean: evidence from newly discovered Late Devonian radiolarians. *Gondwana Research*, 125: 49–58.
- Liao Q A, Li D W, Lu L, Yuan Y M, Chu L L. 2008. Paleoproterozoic granitic gneisses of the Dinggye and LhagoiKangri areas from the higher and northern Himalaya, Tibet: geochronology and implications. *Science in China (Series D: Earth Sciences)*, 51: 240–248.
- Lin S F, Xing G F, Davis D W, Yin C Q, Wu M L, Li L M, Yang J, Chen Z H. 2018. Appalachian-style multi-terrane Wilson cycle model for the assembly of South China. *Geology*, 46(4): 319–322.
- Liu B B, Peng T P, Fan W M, Zhao G C, Gao J F, Dong X H, Peng B X. 2020. Tectonic evolution and paleoposition of the Baoshan and Lincang blocks of West Yunnan during the Paleozoic. *Tectonics*, 39(10): e2019TC006028.
- Metcalfe I. 2013. Gondwana dispersion and Asian accretion: tectonic and Palaeogeographic evolution of eastern Tethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 66: 1–33.
- Metcalfe I. 2021. Multiple Tethyan Ocean basins and orogenic belts in Asia. *Gondwana Research*, 100: 87–130.
- Myrow P M, Hughes N C, Goodge J W, Fanning C M, Williams I S, Peng M S C, Bhargava O N, Parcha S K, Pogue K R. 2010. Extraordinary transport and mixing of sediment across Himalayan central Gondwana during the Cambrian-Ordovician. *Geological Society of America Bulletin*, 122: 1660–1670.
- Nie X M, Feng Q L, Qian X, Wang Y J. 2015. Magmatic record of Prototethyan evolution in SW Yunnan, China: geochemical, zircon U-Pb geochronological and Lu-Hf isotopic evidence from the Huimin metavolcanic rocks in the southern Lancangjiang zone. *Gondwana Research*, 28(2): 757–768.
- Rong J Y, Chen X, Su Y Z, Ni Y N, Zhan R B, Chen T E, Fu L P, Li R Y, Fan J X. 2003. Silurian paleogeography of China. *New York State Museum Bulletin*, 493: 243–298.
- Shu L S, Song M J, Yao J L. 2018. Forum comments on: Appalachian style multi-terrane Wilson cycle model for the assembly of South China: reply. *Geology*, 46(6): e445.
- Shu L S, Yao J L, Wang B, Faure M, Charvet J, Chen Y. 2021. Neoproterozoic plate tectonic process and Phanerozoic geodynamic evolution of the South China Block. *Earth-Science Reviews*, 216: 103596.
- Torsvik T H, Cocks L R M. 2013. Chapter 2 New global palaeogeographical reconstructions for the Early Palaeozoic and their generation. In: Happer D A T, Servais T. 2013. *Early Palaeozoic Biogeography and Palaeogeography*. London: Geological Society, Memoirs 38: 5–24.
- Wang B, Shu L S, Liu H S, Gong H J, Ma Y Z, Mu L X, Zhong L L. 2014. First evidence for ca. 780 Ma intra-plate magmatism and its implications for Neoproterozoic rifting of the North Yili Block and tectonic roigin of the continental blocks in SW of Central Asia. *Precambrian Research*, 254: 258–272.
- Wang L J, Zhang K X, Lin S F, He W H, Yin L M. 2022. Origin and age of the Shenshan tectonic mélange in the Jiangshan-Shaoxing-Pingxiang Fault and late Early Paleozoic juxtaposition of the Yangtze Block and the West Cathaysia terrane, South China. *Geological Society of America Bulletin*, 134(1–2): 113–129.
- Wang L J, Lin S F, Xiao W J. 2023. Yangtze and Cathaysia blocks of South China: their separate positions in Gondwana until early Paleozoic juxtaposition. *Geology*, 51(8): 723–727.

- Wang X F, Metcalfe I, Jian P, He L Q, Wang C S. 2000. The Jinshajiang-Ailaoshan suture zone, China: tectonostratigraphy, age and evolution. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18(6): 675-690.
- Wang Z L, Xu D, Hu G C, Yu L L, Wu C J, Zhang Z C, Cai J X, Shan Q, Hou M Z, Chen H Y. 2015. Detrital zircon U-Pb ages of the Proterozoic metaclastic-sedimentary rocks in Hainan Province of South China: new constraints on the depositional time, source area, and tectonic setting of the Shilu Fe-Co-Cu ore district. *Journal of Asian Earth Sciences*, 113: 1143-1161.
- Wei Y H, Zi J W, Liu G C, Sun Z B, Chen G Y, Zhao T Y, Nie X M, Yang Z. 2022. Reconstructing the Lancang Terrane (SW Yunnan) and implication for Early Paleozoic Proto-Tethys evolution at the northern margin of Gondwana. *Gondwana Research*, 101: 278-294.
- Wilhem C, Windley B F, Stampfli G M. 2012. The Altaids of Central Asia: a tectonic and evolutionary innovative review. *Earth-Science Reviews*, 1113(3-4): 303-341.
- Windley B F, Alexeiev D, Xiao W J, Kröner A, Badarch G. 2007. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic belt. *Journal of the Geological Society*, 17: 31-47.
- Wu C, Li J, Zuza A V, Haproff P J, Chen X H, Ding L. 2022. Proterozoic-Phanerozoic tectonic evolution of the Qilian Shan and Eastern Kunlun Range, northern Tibet. *GSA Bulletin*, 134(9-10): 2179-2205.
- Xiao W J, Han C M, Yuan C, Sun M, Lin S F, Chen H L, Li Z L, Li J L, Sun S. 2008. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis of Northern Xinjiang, NW China: implications for the tectonic evolution of central Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 32: 102-117.
- Xiao W J, Huang B C, Han C M, Sun S, Li J L. 2010. A review of the western part of the Altaids: a key to understanding the architecture of accretionary orogens. *Gondwana Research*, 18: 253-273.
- Xiao W J, Windley B F, Allen M B, Han C M. 2013. Paleozoic multiple accretionary and collisional tectonics of the Chinese Tianshan orogenic collage. *Gondwana Research*, 23: 1316-1341.
- Xiao W J, Windley B F, Han C M, Liu W, Wan B, Zhang J E, Ao S J, Zhang Z Y, Song D F. 2018. Late Paleozoic to early Triassic multiple roll-back and oroclinal bending of the Mongolia collage in Central Asia. *Earth-Science Reviews*, 186: 94-128.
- Xing X W, Wang Y J, Cawood P A, Zhang Y Z. 2017. Early Paleozoic accretionary orogenesis along northern margin of Gondwana constrained by high-Mg metaigneous rocks, SW Yunnan. *International Journal of Earth Sciences*, 106(5): 1469-1486.
- Xu X S, O'Reilly S Y, Griffin W L, Wang X L, Pearson N J, He Z Y. 2007. The crust of Cathaysia: age, assembly and reworking of two terranes. *Precambrian Research*, 158: 51-78.
- Xu Y J, Cawood P, Zhang H C, Zi J W, Zhou J B, Li L X, Du Y S. 2020. The Mesoproterozoic Baoban Complex, South China: a missing fragment of western Laurentian lithosphere. *GSA Bulletin*, 132: 1404-1418.
- Yao W H, Li Z X. 2016. Tectonostratigraphic history of the Ediacaran-Silurian Nanhua foreland basin in South China. *Tectonophysics*, 674: 31-51.
- Yao W H, Li Z X, Li W X, Li X H. 2017. Proterozoic tectonics of Hainan Island in supercontinent cycles: new insights from geochronological and isotopic results. *Precambrian Research*, 290: 86-100.
- Yin A, Harrison T M. 2000. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan Orogen. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 28: 211-280.
- Yu S Y, Peng Y B, Zhang J X, Li S Z, Santosh M, Li Y S, Liu Y J, Gao X Y, Ji W T, Lü P, Li C Z, Jiang X Z, Qi L L, Xie W M, Xu L J. 2021. Tectono-thermal evolution of the Qilian orogenic system: tracing the subduction, accretion and closure of the Proto-Tethys Ocean. *Earth-Science Reviews*, 215: 103547.
- Zhang J X, Yu S Y, Mattinson C G. 2017. Early Paleozoic polyphase metamorphism in northern Tibet, China. *Gondwana Research*, 41: 267-289.
- Zhang L M, Zhang Y Z, Cui X, Cawood P, Wang Y J, Zhang A M. 2019. Mesoproterozoic rift setting of SW Hainan: evidence from the gneissic granites and metasedimentary rocks. *Precambrian Research*, 325: 69-87.
- Zhao G C, Sun M, Wilde S A, Li S Z. 2005. Late Archean to Paleoproterozoic evolution of the North China Craton: key issues revisited. *Precambrian Research*, 136: 177-202.
- Zhao G C, Cawood P, Li S Z, Wilde S A, Sun M, Zhang J, He Y H, Yin C Q. 2012. Amalgamation of the North China Craton: key issues and discussion. *Precambrian Research*, 222-223: 55-76.
- Zhao G C, Wang Y J, Huang B C, Dong Y P, Li S Z, Zhang G W, Yu S. 2018. Geological reconstructions of the East Asian blocks: from the breakup of Rodinia to the assembly of Pangea. *Earth-Science Reviews*, 186: 262-286.
- Zhou J B, Wilde S A, Zhao G C, Han J. 2018. Nature and assembly of microcontinental blocks within the Paleo-Asian Ocean. *Earth-Science Reviews*, 186: 76-93.
- Zhou Y, Liang X Q, Liang X R, Jiang Y, Wang C, Fu J G, Shao T B. 2015. U-Pb geochronology and Hf-isotopes on detrital zircons of Lower Paleozoic strata from Hainan Island: new clues for the early crustal evolution of southeastern South China. *Gondwana Research*, 27: 1586-1598.
- Zhou Y, Sun S Y, Feng Z H, Xu C, Cai Y F, Liang X Q, Liu X J, Du Y J. 2021. A new insight into the eastern extension of the Proto-Tethyan margin of Gondwana by Early Paleozoic volcanic rocks in South China. *Lithos*, 398-399: 106328.
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, Dilek Y, Hou Z Q, Mo X X. 2011. Lhasa terrane in southern Tibet came from Australia. *Geology*, 39: 727-730.
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, Dilek Y, Hou Z Q, Mo X X. 2013. The origin and pre-Cenozoic evolution of the Tibetan Plateau. *Gondwana Research*, 23: 1429-1454.
- Zou S H, Yu L L, Yu D S, Xu D R, Ye T W, Wang Z L, Cai J X, Liu M. 2017. Precambrian continental crust evolution of Hainan Island in South China: constraints from detrital zircon Hf isotopes of metaclastic-sedimentary rocks in the Shilu Fe-Co-Cu ore district. *Precambrian Research*, 296: 195-207.

(责任编辑 张西娟; 英文审校 陈吉涛)