

引用格式: 杨明桂, 姚悦, 熊燃, 等, 2023. 元古代华南海的轮廓 [J]. 地质力学学报, 29 (1): 1-20. DOI: [10.12090/j.issn.1006-6616.2021051](https://doi.org/10.12090/j.issn.1006-6616.2021051)

Citation: YANG M G, YAO Y, XIONG R, et al., 2023. The outline of the Proterozoic South China Ocean [J]. Journal of Geomechanics, 29 (1): 1-20. DOI: [10.12090/j.issn.1006-6616.2021051](https://doi.org/10.12090/j.issn.1006-6616.2021051)

元古代华南海的轮廓

杨明桂¹, 姚悦², 熊燃¹, 王光辉¹, 胡青华¹, 徐梅桂¹

YANG Minggu¹, YAO Yue², XIONG Ran¹, WANG Guanghui¹, HU Qinghua¹, XU Meigui¹

1. 江西省地质局, 江西 南昌 330002;

2. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083

1. *Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Nanchang 330002, Jiangxi, China;*

2. *Energy Department, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*

The outline of the Proterozoic South China Ocean

Abstract: The geological circle has been studying the South China Ocean for 40 years. Based on the existing studies, the geological features of the middle Neogene South China Ocean and related geological structures and mineralization issues have been further understood through the topics of Regional Geology of China: Jiangxi, Mineral Geology of China: Jiangxi, and Evolution and Mineralization in South China Ocean–Marginal Pacific. The Pingxiang–Shexian–Suzhou junction zone connects the Jinsha River–Red River junction zone to the north of Henei, which is the subduction zone of the South China Ocean in the middle Neogene. It formed the boundary between the Yangtze plate and the newly-defined China–Southeast Asia plate (referred to as the Jinsha River–Red River–Shexian–Suzhou junction zone), which is now a latitudinal tectonic belt bending southward. The South China Ocean is a Meso–Neoproterozoic ocean between the Yangzi Paleo–plate and the Cathaysia–Southeast Asia Paleo–plate, closed at about $820\pm$ Ma. The Jinning movement took place during the collision of the plates, resulting in a consolidation of the Yangtze Block and the Cathaysia–Southeast Asia Block, where they united into one. The region has been an essential part of the Eurasian plate since the Indo–Chinese period, and the South China Rift System had been formed from $815\pm$ Ma in the late Neogene to the early Paleozoic. The Tethys and Paleo–Pacific tectonic domains have formed the geological tectonic framework of southern China and plateaus, continents, seas, and island arcs of the neighboring areas since the late Paleozoic. The subduction zone of the South China Ocean has evolved into the “Jinsha River–Hong River–Qinzhou Bay–Hangzhou Bay” mega metallogenic belt of tungsten–tin–copper–gold polymetallic precious and rare metals, featuring two major magmatic mineralization series of S and I types.

Keywords: South China Ocean; Yangtze plate; Cathaysia–Southeast Asia plate; junction zone; ocean subduction zone

摘要: 地质界追寻华南海的研究已有 40 年历史, 在已有研究基础上, 通过《中国区域地质志·江西志》《中国矿产地志·江西卷》及《华南海—滨太平洋构造演化与成矿》专题对中新元古代华南海的地质特征与相关地质构造及成矿问题有了进一步的认识: 凭祥—歙县—苏州结合带与金沙江—红河结合带在河内市北面相连, 为中新元古代华南海的消亡潜没地带, 构成了扬子板块与新厘定的华夏—东南亚板块分界(简称金沙江—红河—歙县—苏州结合带), 现今是一条向南弯曲的纬向构造带; 华南海是扬子古板块与华夏—东南亚古板块间的中新元古代大洋, 约闭合于 $820\pm$ Ma, 板块碰撞发生了晋宁运动, 扬子陆块与华夏—东南亚陆块基本固结, 并连为一体; 该区印支期以来为欧亚板块重要组成部分, 新元古代晚期 $815\pm$ Ma 至早古生代形成华南裂谷系, 晚古生代以来先后受特提斯构造域、古太平洋构造域复合形成了中国南部及邻区高原、大陆、海域、岛弧的地质构造格局; 在华南海潜没地带的基础上经不断发展演化形成了以 S、

基金项目: 中国地质科学院“中国矿产地志”系列研究项目(2015117, 2016185)

This research is financially supported by the Research Programs of the “Chinese Mineral Geology” Series of the Chinese Academy of Geological Sciences (Grants No.2015117, 2016185).

第一作者: 杨明桂(1933—), 男, 教授级高级工程师, 从事区域地质调查、矿产勘查和地质科学研究工作。E-mail: jxjudkc@126.com

收稿日期: 2021-11-24; 修回日期: 2022-12-01; 责任编辑: 范二平

I型两大岩浆成矿系列为特色的钨锡铜金多金属贵稀金属“金沙江-红河-钦州湾-杭州湾”巨型成矿带。

关键词：华南洋；扬子板块；华夏-东南亚板块；结合带；大洋潜没地带

中图分类号：P547;P617 **文献标识码：**A **文章编号：**1006-6616 (2023) 01-0001-20

DOI: [10.12090/j.issn.1006-6616.2021051](https://doi.org/10.12090/j.issn.1006-6616.2021051)

0 引言

郭令智等(1980)建立的从江南到沿海的沟弧盆系向洋迁移模式,开启了地质界对华南洋的追寻。研究者甚多,得到的认识颇多。于根生和肖柯才(1985)提出朱训发现的赣东北深断裂超基性岩带是蛇绿混杂岩带。白文吉等(1986)报导了皖南歙县伏川蛇绿岩套剖面,引起了地质界的关注。水涛等(1988)将江南古陆与华夏古陆之间的赣湘粤桂洋盆定位于江山-绍兴对接带及武夷山脉-穗北-六万火山一带。史明魁等(1993)最早提出北海-绍兴一线为扬子板块与华夏板块的界线,得到了地质界较广泛认同或引用,此后一直是众多学者研究的聚焦地带,如 Li et al.(2002)、万天丰(2004)、舒良树(2012)等。张国伟等(2013)提出新元古代早期晋宁 I 期(1.0~0.9 Ga)形成了扬子与华夏两个微板块,晋宁 II 期(850~820 Ma)碰撞拼接形成了四堡-益阳-九岭-伏川古碰撞带。舒良树等(1995)曾对歙县-赣东北蛇绿岩带进行了详细研究,并发现残留其中的蓝片岩带,提出该带是 850~760 Ma 时九岭地体与怀玉地体的缝合线,南昌-万载-萍乡断裂带是扬子板块与华南板块加里东期的缝合线;之后,姚金龙和舒良树(2014)进一步阐述了扬子板块东南缘的江南造山带东段,由怀玉、九岭两个地体组成,期间为赣东北缝合带。Lin et al.(2018)新提出北海-绍兴一线是新元古代江南板块与西华夏板块的分界,政浦一线是早古生代西华夏板块与东华夏板块的分界;潘桂堂等(2017)认为赣东北蛇绿混杂岩带是扬子陆块的一个单元,以绍兴-郴州-钦杭对接带与华夏造山系分界。Cawood et al.(2017)以九江、南宁-绍兴、政和-大浦三条俯冲带,分划为扬子、江南、华夏、沿海等四个单元。江西省及相邻地带是华南洋的重要窗口区,江西地质工作者就华南洋问题进行了长期研究。杨明桂、范承钧在《中国区域地质概论》(程裕淇, 1994)中提出金沙江-红河结合带是扬子板块与华南板块的分界,歙县-德兴蛇绿混杂岩带是扬子古陆与华夏古陆陆间洋盆的残迹,并讨论了元古代大洋问题。由江西省地矿局牵头,与宜昌

地质研究所、湖南地质研究所、中国地质大学(武汉)、地质力学研究所合作进行的“罗霄-武夷隆起与郴州-上饶拗陷成矿规律及预测”研究,根据已发现的蛇绿混杂岩带,将扬子、华夏板块结合带界定于凭祥-景德镇-歙县-苏州与北海-萍乡-绍兴两条深断裂带之间,命名为钦(州湾)-杭(州湾)结合带,并在该带基础上厘定了钦杭成矿带(杨明桂等, 1997; 杨明桂等, 1998)。进入 21 世纪,中国地质调查局将该带列入全国重要成矿带之一,使勘查研究进入了新阶段。毛景文等(2011)、徐德明等(2015)都对该带做了进一步研究。《中国矿产地质志·江西卷》(2015)、《中国区域地质志·江西志》(2017)研编过程中对华南洋问题做了进一步研究;杨明桂等(2015)在已有研究的基础上确认浏阳-德兴-歙县蛇绿岩带是华南洋的残迹,将华南洋定位于湘东北浏阳-赣西宜丰、皖南歙县伏川、赣东北德兴-弋阳窗口区;洋盆闭合于 820± Ma,被扬子-加里东期裂谷和推覆对冲构造叠覆,呈潜没状态;北海-萍乡-绍兴一线不是华南洋的潜没地和板块结合带,是青白口纪晚世晚期南华裂谷海盆的一北缘拉谷断裂与志留纪加里东运动时的逆冲推覆断裂带;四堡-益阳、政和-大浦一带的超基性岩不是蛇绿岩,不存在洋壳。21 世纪以来,华南洋是小洋盆还是大洋问题仍未能解决。直到《中国矿产地质志·华南洋-滨太平洋构造演化与成矿》(杨明桂等, 2021)把华南东部与西部联系起来进行了地质构造综合分析,并对钦(州湾)-杭(州湾)构造带做了进一步研究,研究认为该带为华南洋东部的俯冲消亡潜没带,凭祥-歙县-苏州断裂带为古板块结合带,在河内市附近与金沙江-红河结合带连接;华南洋是早前寒武纪形成的一个大洋,北面为扬子板块,南面的北美-印支地区与华夏板块为同一古板块,合称华夏-东南亚板块,晋宁运动时北、南板块连为一体;晚古生代时西部受古特提斯洋构造复合,三叠纪时成为欧亚板块的组成部分,侏罗纪以来先后与古太平洋板块、印度板块相互作用形成中国南部及邻区高原、大陆、海域、岛弧的地质构造格局(杨明桂和王光辉, 2020)。在古华南洋潜没带的背景上经复合演化由钨锡铜铅锌金银钽铀等矿产集聚形成了“金-

红-钦-杭”巨型成矿带, 现提出来讨论。

1 华南海东部

1.1 华南海窗口区与凭祥-歙县-苏州结合带

1.1.1 浏(阳)德(兴)歙(县)窗口区蛇绿岩带

该区出露有三条准原地蛇绿岩带, 成为揭示华南海潜没带的重要窗口。

(1) 歙县伏川蛇绿岩带

沿凭祥-歙县-苏州结合带出露(图 1), 断续分布长 50 km。岩片向北逆冲推覆于歙县晋宁期花岗闪长岩体之上, 并被青白口系上统上部昌前组叠覆。自下而上为超镁铁质岩、堆晶辉长岩、细碧岩、枕状玄武岩、细碧角斑岩、硅质岩(白文吉等, 1986; 徐备等, 1992)。SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄值为 848 ± 12 Ma(丁炳华等, 2008)、 840 ± 5 Ma(舒良树, 2012)。

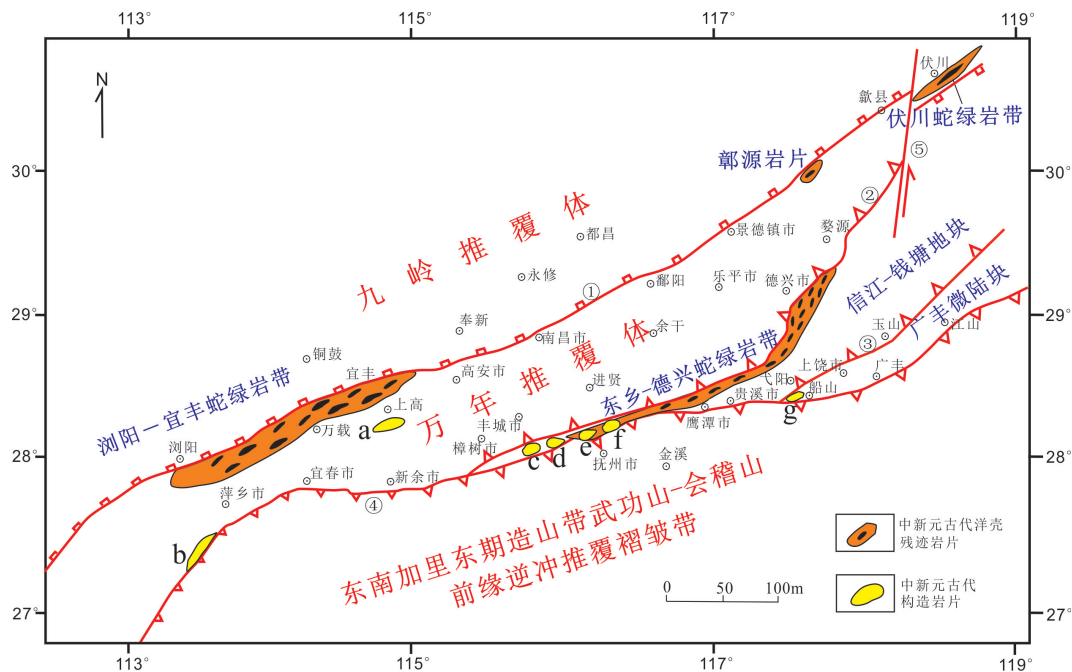
(2) 东乡-德兴蛇绿岩带

也称赣东北蛇绿岩带, 面积约 400 km², 岩套上

部为一套泥砂质凝灰质浊积岩夹细碧岩、枕状玄武岩、石英角斑岩、硅质炭质板岩, 为德兴市超大型金山金矿田的重要金矿源层。其中混杂有大量岩套下部的超镁铁质岩、堆晶辉长岩、枕状玄武岩、辉绿岩墙组成的岩块, 大者约 1 km³, 其中有镍矿体和铬矿化。德兴县西湾侵入于蛇绿岩块中的钠长花岗岩岩瘤, SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄值 968 ± 23 Ma(李献华等, 1994)。残留于蛇绿岩片中的高压低温蓝片岩带, 蓝闪石 K-Ar 年龄值 866 ± 14 Ma(舒良树等, 1995), 青铝闪石 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄值 799.3 ± 9.2 Ma(胡世玲等, 1992)。岩片向南逆冲推覆于信江-钱塘地块北侧青白口系上统上部一南华系之上, 为志留纪加里东期造山形成的万年推覆体前缘赣东北深断裂带中的挤出体。

(3) 浏阳-宜丰蛇绿岩带

沿凭祥-歙县-苏州结合带南侧出露, 面积约 1000 km²。浏阳一带雷公糙岩片为云母片岩、阳起片岩, 混入有超镁铁岩、堆晶辉长岩(贾宝华等,



a—下南华统漫田岩片; b—南华系—寒武系广寒寨岩片; c—下南华统一青白口系上统白土混杂岩块; d—下南华统乌石岩片; e—震旦系黄马岩片; f—何坊-杨溪登山群混杂岩片; g—中元古界铁沙街岩片; ①—凭祥-歙县-苏州结合带; ②—赣东北深断裂带; ③—上饶-萧山深断裂带; ④—北海-萍乡-绍兴深断裂带; ⑤—石耳山走滑断裂带

图 1 浏阳-德兴-歙县一带蛇绿岩片与构造岩片分布略图 (据杨明桂等, 2015 修改)

Fig. 1 Distribution of ophiolite and tectonic slices in the Liuyang-Dexing-Shexian area (modified from Yang et al., 2015)

(a) Mantian sheet rocks of the lower Nanhua System; (b) Guanghanzhai sheet rocks of the Nanhua System; (c) Baitu mélange rock blocks of the lower Nanhua System-upper Qingbaikou system; (d) Wushi sheet rocks of the lower Nanhua System; (e) Huangma sheet rocks of the Sinian system; (f) Mélange sheet rocks of the Hefang-Yangxidengshan Group; (g) Mesoproterozoic Tieshajie sheet rocks; ①—Pingxiang-Shexian-Suzhou junction zone; ②—Deep fault belt in the northeast of Jiangxi; ③—Shangrao-Xiaoshan deep fault belt; ④—Beihai-Pingxiang-Shaoxing deep fault belt; ⑤—Shiershan strike-slip fault belt

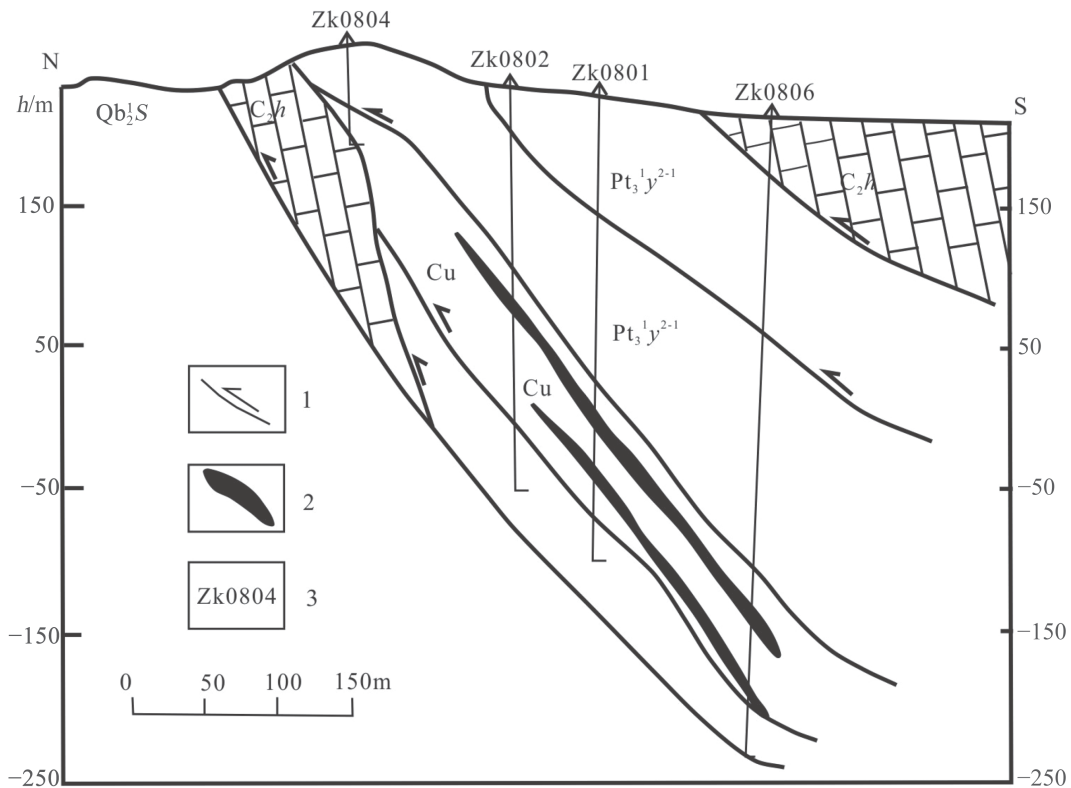
2004);南桥岩片为细碧岩、石英角斑岩。万载-宜丰岩片为一套泥砂质凝灰质浊积岩夹细碧岩、变玄武岩、石英角斑岩、岩墙状、似层状辉绿岩,其中混杂有超镁铁岩块;含火山热水喷流沉积叠改型铜矿床,岩片 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄值 854 ± 10 Ma(江西省地质矿产勘查开发局, 2017)。万载县兴源冲铜矿钻孔揭露该岩片逆冲推覆于九岭南缘青白口系上统下部双桥山群之上,中间残留有上石炭统黄龙组岩片(图 2),是燕山期造山时由萍乡-上高拗陷下部推挤上来的岩片(江西省地质矿产勘查开发局, 2015)。

上述三条准原地蛇绿岩带锁定晋宁期华南洋残体潜没于浏德歙地区(杨明桂等, 2015)。

1.1.2 凭祥-歙县-苏州结合带

原为钦杭带的北缘断裂带,鉴于华南洋潜没于深处,古板块结合带遭到叠覆改造,现该带处于上述三条蛇绿岩带指示的华南洋潜没带上,构成了叠覆后晋宁期古板块结合带的分界与结合带。

钦杭带南界的北海-萍乡-绍兴断裂带大多学者曾认为是扬子板块与华夏板块的结合带,研究表明该带是青白口纪晚世晚期至早古生代南华裂谷海盆的北缘控盆断裂带,形成于扬子、华夏-东南亚板块碰撞对接的晋宁运动之后。加里东期造山时为向信江-钱塘地块、广丰地块前陆大规模逆冲推覆带,此后又经中生代强烈构造活动,但沿带形成的萍乡-弋阳超基性岩带是侵入岩,不是蛇绿岩带。其中具有代表性的新余岭上超基性岩带,据钻孔资料及野外观察,具明显的侵入热变质(杨明桂等, 2012a, 2015; 杨明桂和王光辉, 2020)。朱清波等(2020)获得其锆石 LA-ICPMS U-Pb 加权平均年龄值为 120.8 ± 1.4 Ma,形成于早白垩世,即燕山晚期。所以,迄今未发现确切的洋壳残迹,而且断裂带南北两侧青白口纪晚世晚期的火山岩层、南华纪冰期地层与间冰期含锰层、下震旦统含磷层、上震旦统硅质层、底寒武统含碳铀钼等一系列标志层均可对比,说明南华裂谷海盆不是洋盆。所以,已有地质-



C_2h —上石炭统黄龙组; $Pt_3^1y^{2-1}$ —新元古代宜丰蛇绿混杂岩片; Qb_2S —青白口系上统下部双桥山群

1—逆冲断裂; 2—铜矿体; 3—钻孔位置及编号

图 2 万载兴源冲矿区推覆构造剖面图

Fig. 2 Profile of the nappe structure in the Xingyuanchong mining area, Wanzai

C_2h —Upper Carboniferous Huanglong formation; $Pt_3^1y^{2-1}$ —New Proterozoic ophiolitic mélange sheet rock; Qb_2S —Shuangqiaoshan Group in the bottom of the upper Qingbaikou system

1—reverse faults; 2—copper ore body; 3—borehole locations and their numbers

地球物理资料可以确认该带是一条重要的深断裂带,但并不是一条板块结合带(江西省地质矿产勘查开发局, 2017; 杨明桂和王光辉, 2020)。

1.2 华南洋东部潜没带的综合信息

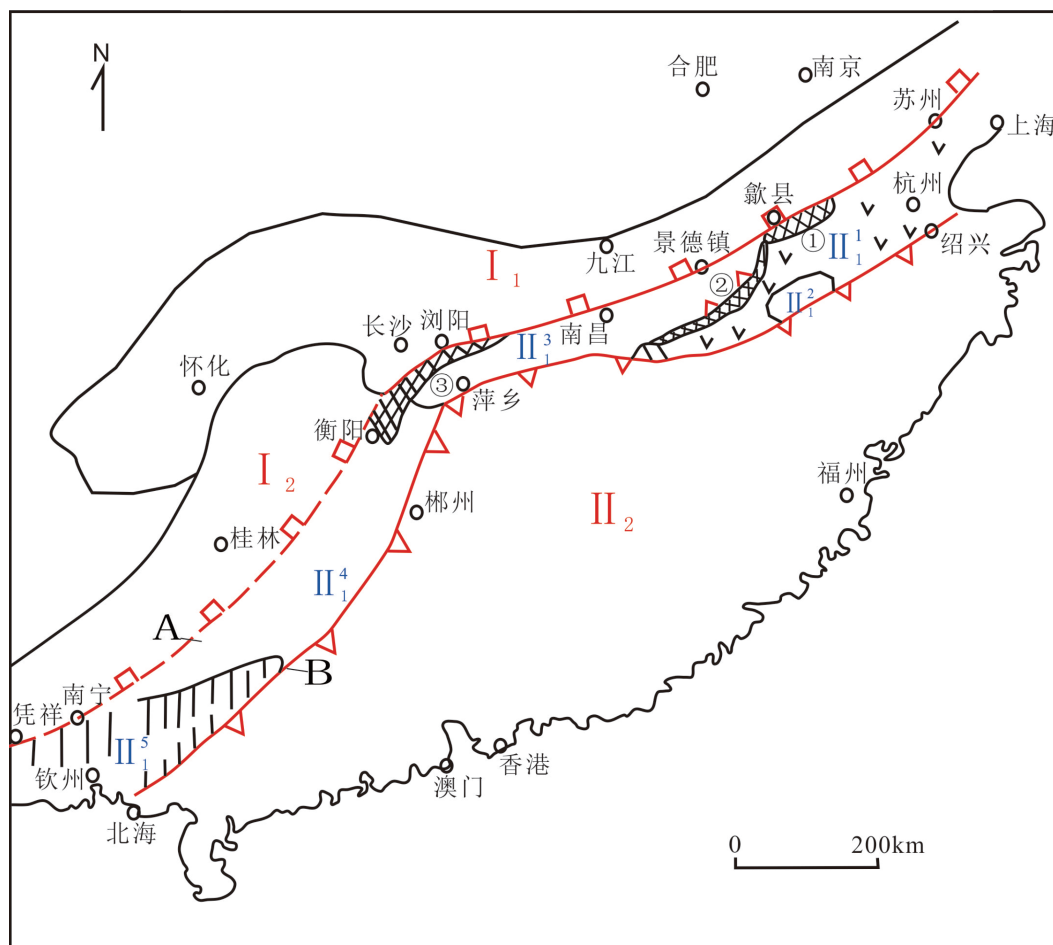
1.2.1 钦杭华南洋潜没带

晋宁期华南洋俯冲消亡之后,又经加里东期、燕山期陆内逆冲推覆,大部分段落被较新地层所覆,蛇绿岩带分布局限。地质界对华南洋的延向尚有不同认识。笔者根据综合分析,推定华南洋大致潜没于钦州湾-杭州湾一带(图3),该带除了准原地

蛇绿混杂岩带,极为复杂的地质结构、以深源岩浆成矿为特色的钦杭成矿带及岩石圈结构变异带,为追寻华南洋潜没地带提供了综合信息。

(1) 扬子-加里东期裂谷海槽与大规模对冲式叠覆

浏阳-歙县-苏州一带由于被万年推覆体叠覆和被较新地层掩盖,长期被认为是中新元古代江南古陆的一部分。杨明桂等(1997, 2012a)根据弋阳登山、歙县深渡出露的一小片青白口纪晚世晚期早阶段形成的深海浊积沉积和上高一带从深处逆推上



蛇绿岩带: ①歙县伏川; ②德兴-弋阳; ③浏阳文家市

A—凭祥-歙县-苏州结合带; B—北海-萍乡-绍兴断裂带; I—扬子板块; I₁—中下扬子地块; I₂—南华造山系湘桂造山带; II—华夏-东南亚板块; II₁—华南洋潜没带; II₁¹—信江-钱塘地块; II₁²—广丰地块; II₁³—万年推覆体地上叠萍乡-乐平拗陷带; II₁⁴—湘东拗陷带; II₁⁵—钦州华力西-印支造山带; II₂—华南造山系东南造山带

图3 钦杭华南洋潜没带与邻区构造分区略图(杨明桂等, 2015)

Fig. 3 Structural zoning of the Qinhang South China Ocean subduction zone and adjacent areas (Yang et al., 2015)

Ophiolite belts: ① Fuchuan, Shexian County; ② Dexing-Yiyang; ③ Wenjia, Liuyang City

A—Pingxiang—Shexian—Suzhou junction zone; B—Beihai—Pingxiang—Shaoxing fault belt; I—Yangtze plate; I₁—Middle-lower Yangtze Block; I₂—Xianggui orogenic belt of the Nanhua orogenic system; II—Cathaysia-Southeast Asia plate; II₁—South China Ocean subduction zone; II₁¹—Xinjiang-Qiantang plot; II₁²—Guangfeng plot; II₁³—Wannian nappe (bottom) and Pingxiang-Leping depression zone (upper); II₁⁴—Xiangdong depression zone; II₁⁵—Qinzhou Variscan-Indochina orogenic belt; II₂—Southeast orogenic belt of South China orogenic system

来的下南华统漫田浅变质的浊流沉积岩片(图1), 认识到沿凭祥-歙县-苏州结合带形成了一条华南裂谷系伸向陆内的钦(州湾)苏(南)裂谷海槽(图4)。青白口纪末, 裂谷苏皖段闭合, 发生了休宁运动弱造山, 有石耳山花岗岩体形成, 下扬子地块与信江-钱塘地块始连为一体, 南华纪时转变为陆表海盆, 歙县-钦州湾段成为坳拉谷。

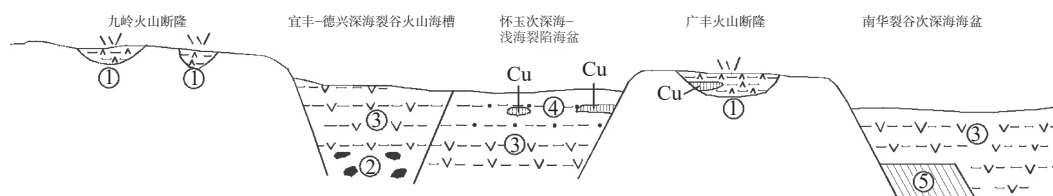
志留纪时, 加里东期造山歙县-钦州湾坳拉谷赣湘段闭合, 残留下钦州裂谷海槽, 江南地块中段的九岭、万年浅变质岩推覆体迭次向南南东方向逆冲推覆, 九岭推覆体西南端到达衡阳附近, 万年近原地推覆体叠覆于裂谷海槽之上。南华加里东期造山带前缘的武功山-北武夷褶皱带沿萍乡-绍兴逆

冲推覆深断裂带向北北西方向大规模逆冲, 南北发生大规模对冲(图5), 使信(江)钱(塘)地块遭到严重消减叠覆, 呈楔状向西尖灭, 在弋阳-萍乡间形成一条构造混杂岩块(片)(曾勇和杨明桂, 1999)。

根据柏道远等(2014)报导, 湘中地区邵阳-绥宁、新化、城步、安化-通远等北北东向逆冲断裂带向北西西方向倾斜, 与萍乡-郴州深断裂带也呈对冲之势。

(2)晚古生代以来的多期成盆与多期造山

钦杭带晚古生代一中三叠世为滨特提斯洋的一支陆表海槽, 中二叠世以来经东吴运动, 钦州残留海槽封闭, 中三叠世末印支运动造山, 形成了钦杭褶皱带与S型花岗岩成矿带; 中侏罗世, 该带率先

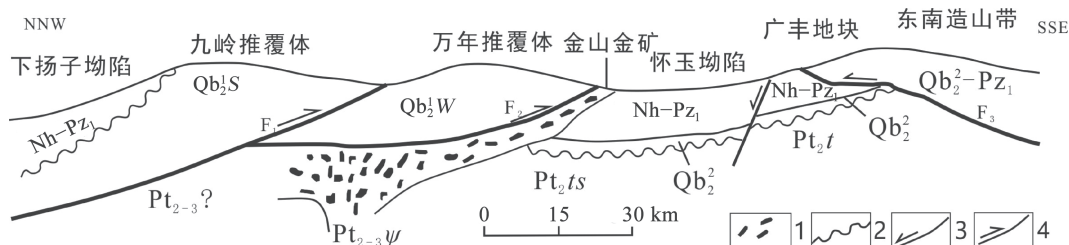


①—陆相火山盆地; ②—枕状玄武岩; ③—一次深海含火山沉积浊积岩; ④—浅海双峰式火山岩; ⑤—水下陷陷华夏陆块; Cu—含铜火山沉积

图4 浙皖赣青白口纪晚世晚期华南裂谷系示意图(据杨明桂等, 2015修改)

Fig. 4 Schematic sketch for the late South China Rift Valley of the late Qingbaikou in Zhejiang-Anhui-Jiangxi (modified from Yang et al., 2015)

①—continental volcanic basin; ②—pillow basalt; ③—bathyal turbidite with volcanic deposition; ④—bimodal volcanic rocks of shallow sea; ⑤—Cathaysia block rifted under water; Cu—copper-bearing volcanic deposits



1—蛇绿岩; 2—不整合面; 3—正断裂; 4—逆冲推覆断裂带

Nh-Pz₁—南华系一下古生界; Qb₂^S—青白口系上部; Qb₂^S-Pz₁—青白口系上部一下古生界; Qb₂^S—青白口系下部双桥山群; Qb₂^W—青白口系下部万年群; Pt₂^s—中元古界铁沙街岩片; Pt₂₋₃—推测的叠覆扬子陆缘中新元古界岛弧沉积; Pt₂₋₃^ψ—中新元古界张村蛇绿混杂岩; Pt₂^t—中元古界田里岩组; F₁—凭祥-歙县-苏州板块结合带; F₂—德兴-弋阳(赣东北)深断裂带; F₃—萍乡-绍兴深断裂带

图5 加里东造山期江西中部对冲构造示意图(据江西省地质矿产勘查开发局, 2017修改)

Fig. 5 Schematic diagram of the thrust structure in central Jiangxi province during the Caledonian orogeny (modified from Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, 2017)

1—ophiolite; 2—plane of unconformity; 3—positive fracture; 4—thrust-nappe fault zone

Nh-Pz₁—Nanhua System-Lower Paleozoic; Qb₂^S—upper Qingbaikou System; Qb₂^S-Pz₁—upper Qingbaikou System-lower Paleozoic; Qb₂^S—Shuangqiaoshan group of the lower Qingbaikou System; Qb₂^W—Wannian group of the lower Qingbaikou System; Pt₂^s—Mesoproterozoic Tieshajie sheet rock; Pt₂₋₃—the presumed Meso-Neoproterozoic island arc deposition overlaid on the Yangtze continental margin; Pt₂₋₃^ψ—Meso-Neoproterozoic Zhangcun ophiolitic mélange rock; Pt₂^t—Mesoproterozoic Tianliyan formation; F₁—Pingxiang-Shexian-Suzhou junction zone; F₂—Dexing-Yiyang (northeastern Jiangxi) deep fault belt; F₃—Pingxiang-Shaoxing deep fault belt

启动了超强的燕山期活化造山, 九岭-万年推覆体再次向南南东方向推覆, 在余干一带将萍乡-乐平石炭系-三叠系组成的坳陷叠覆(图 6)。中侏罗世时率先启动了燕山陆内活化造山, 发生了强烈的岩浆成矿大爆发。早白垩世燕山晚期武功山、北武夷山隆起向北滑脱, 在大部分地段与九岭推覆体对冲, 使构造进一步复杂化。燕山期造山后, 沿钦杭带形成了一串晚白垩世-古近纪含膏盐断陷红层盆地(江西省地质矿产勘查开发局, 2017)。

至此, 构成了由洋-裂谷-陆表海-陆盆多期伸展-造山俯冲-对冲、地壳大规模消减叠覆的钦杭构造带并波及岩石圈, 出现了对冲式坳陷(图 7)。

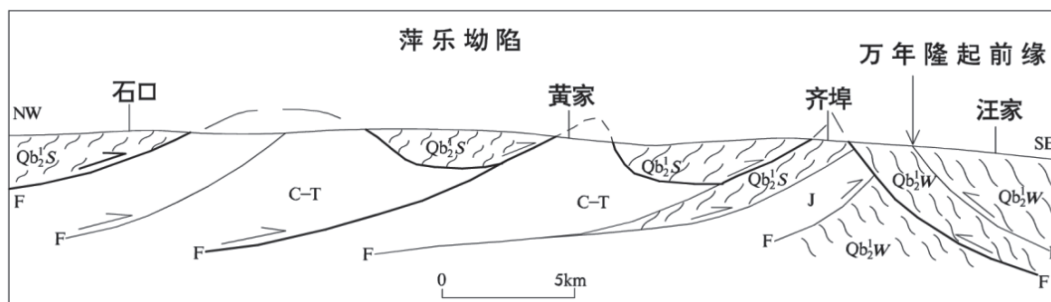
1.2.2 华南东部弧盆体系与演化

凭祥-歙县-苏州结合带北侧的江南地块、南侧的信江-钱塘地块残留的中新元古代地质体, 虽不

完整, 仍可据以重建华南及其陆缘的弧盆体系(图 8)。

(1) 扬子陆缘弧盆系

扬子陆缘晚青白口世早期地质体留存较完整, 860± Ma 前的中新元古界遭到叠覆。北部武陵山-沿(长)江弧后盆地, 由黔东南梵净山、桂北四堡、湘北益阳、武宁、德安彭山、庐山一带出露的青白口纪晚世早期浅变质浊积岩中含有一套细碧岩、石英角斑岩或超基性岩、科马提岩, 安庆洪镇深部也有这套岩层(图 9), 是该弧后海盆中的一条重要的火山岩, 为超基性、基性侵入岩带, 不是洋壳残迹。(广西壮族自治区地质矿产局, 1985; 湖南省地质调查院, 2017; 江西省地质矿产勘查开发局, 2017)。中部江南岛弧由浅变质陆屑浊积岩为主, 以含有浅海沉积的紫红色板岩、粉砂岩为标志, 海相火山物质

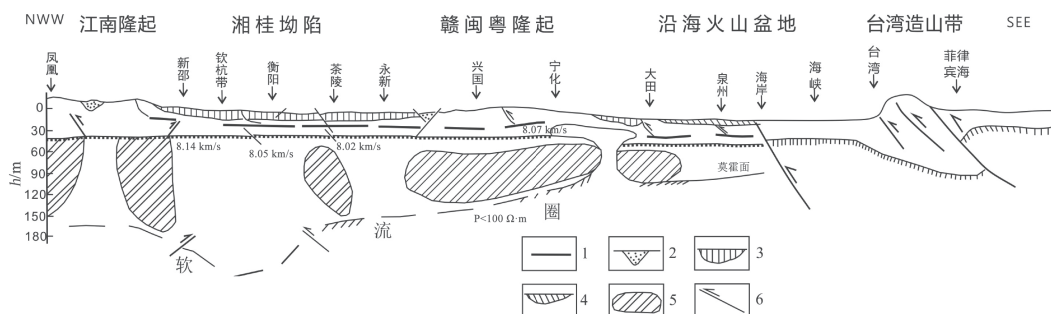


J—侏罗系; C—石炭系; C-T—石炭系—三叠系; Qb₂S—青白口系上统下部双桥山群; Qb₂W—青白口系上统下部万年群; F—逆冲推覆断裂带

图 6 余干县石口-汪家燕山期逆冲推覆构造岩片堆叠与飞来峰构造略图(据江西省地质矿产勘查开发局, 2017 修改)

Fig. 6 The stacking of thrust-nappe tectonic sheets and the structure of klippe during the Yanshanian period in the Shikou-Wangjia area, Yugan county (modified from Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, 2017)

J—Jurassic; C—Carboniferous; C-T—Carboniferous-Triassic; Qb₂S—Shuangqiaoshan group of the lower Qingbaikou System; Qb₂W—Wannian group of the lower Qingbaikou System; F—thrust-nappe fault zones

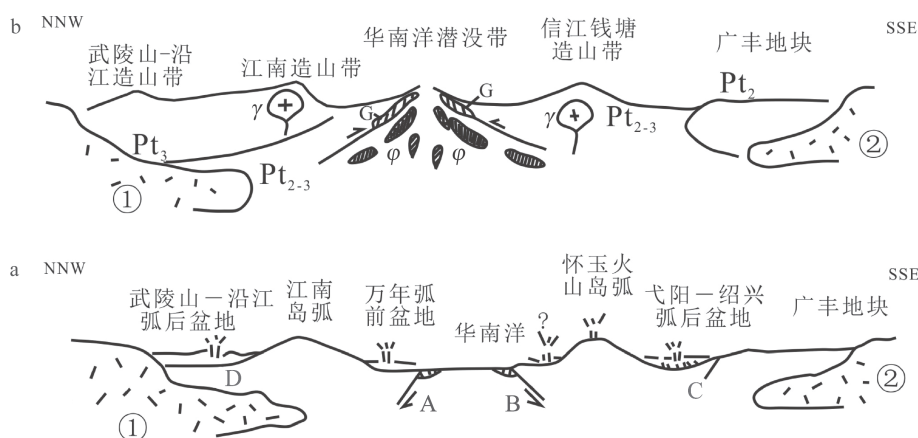


1—壳内低速带; 2—晚白垩世-古近纪红色盆地; 3—晚古生代-早中生代坳陷; 4—晚中生代火山盆地; 5—岩石圈地幔硬块; 6—断层

图 7 江南(雪峰段)隆起-沿海北西向剖面的岩石圈构造略图(据袁学诚, 2007 修改)

Fig. 7 Lithospheric structure sketch of the Jiangnan uplift (Xuefeng segment)–coastal NW-section (modified from Yuan, 2007)

1—low-velocity zone in the shell; 2—red basins of the late Cretaceous Epoch–Paleogene period; 3—depression of the upper Paleozoic–early Mesozoic; 4—late Mesozoic volcanic basins; 5—hard mass in lithospheric mantle; 6—faults



①扬子古元古代克拉通; ②华夏古元古代克拉通; Pt_3 —新元古界下部; Pt_{2-3} —中元古界—新元古界下部; Pt_2 —中元古界; ϕ —蛇绿岩套; γ —花岗岩; G—高压变质带; A—宜春含铜蛇绿岩; B—德兴含金蛇绿岩; C—铁沙街—平水含铜火山建造; D—枕状熔岩细碧岩石英角斑岩建造

a—华南洋弧盆结构; b—晋宁期造山构造

图8 中新元古代华南洋发展演化示意图 (江西省地质矿产勘查开发局, 2017)

Fig. 8 The development and evolution of the Meso-Neoproterozoic South China Ocean (Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, 2017)

(a) The structure of the South China Ocean arc basin; (b) The Orogenic structure of the Jinning period

①—Palaeoproterozoic Yangtze craton; ②—Palaeoproterozoic Cathaysia craton; Pt_3 —the lower Neoproterozoic; Pt_{2-3} —the lower Meso-Neoproterozoic; Pt_2 —the Mesoproterozoic; ϕ —ophiolite suite; γ —granite; G—metamorphic belt by high pressure; A—Yifeng copper-bearing ophiolite; B—Dexing gold-bearing ophiolite; C—Tieshajie—Pingshui copper-bearing volcanic formation; D—pillow lava—spilite-quartz—keratophyre formation

较少。南部万年弧前盆地, 仅残留于赣中地区, 由浅变质的万年群火山—泥砂质浊流沉积组成, 与江南岛弧沉积比较, 紫红色标志地层颜色变为灰色, 凝灰质物质增多, 显示海水变深的近洋特征。上述地层时代界于 851~823 Ma (高林志等, 2008, 2010, 2013a, 2014a; 张彦杰等, 2010), 属青白口纪晚世早期, 为金矿源层。

(2) 华夏陆缘弧盆系

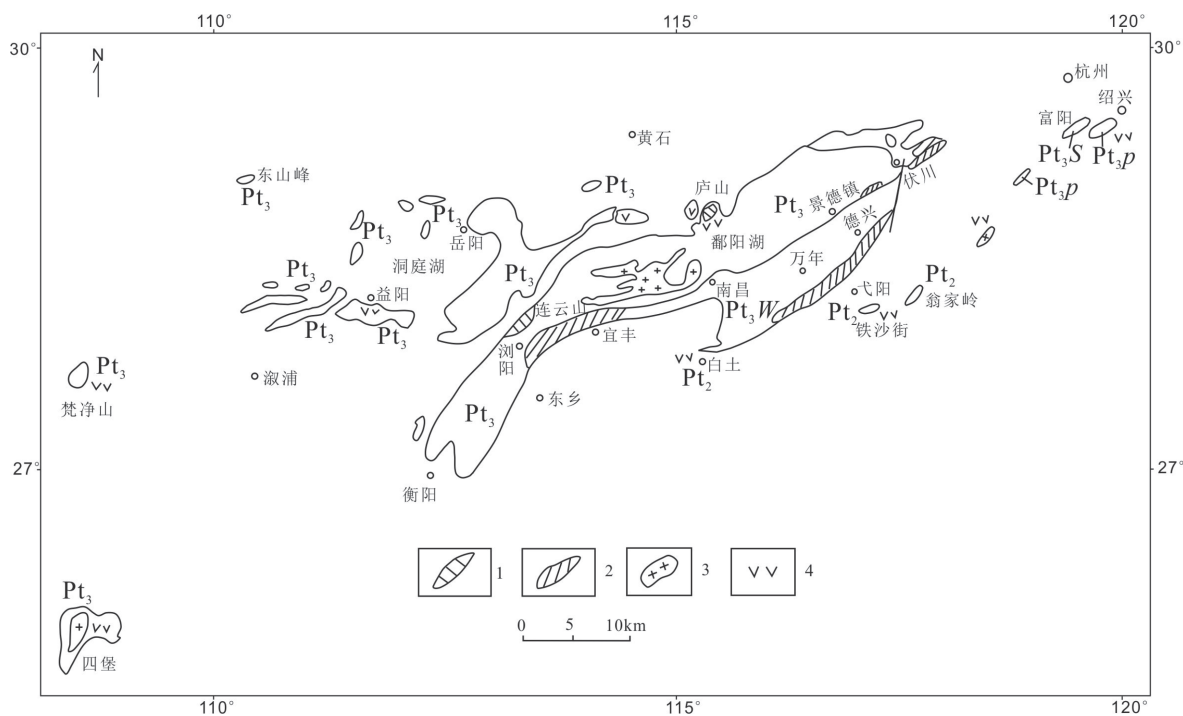
区内被后期构造强烈影响, 出露的中新元古代地质体已碎片化, 但保留有较老的残体, 初步分为以下三个单元: 北部怀玉岛弧由青白口纪早世末—晚世早期双溪坞群海陆交互的古岛弧钙碱系列酸性、中酸性火山岩与泥砂质、硅质岩组成, 火山岩有铜矿化, 年龄值界于 901.6~899 Ma 之间 (高林志等, 2014b); 中部信江—诸暨弧后盆地沉积见于赣东弋阳铁沙街, 浙江诸暨平水、浦江蒙山, 上海金山等地, 由泥砂质、细碎屑岩、大理岩、细碧岩、石英角斑岩、海底热水喷流沉积型铜矿床组成, 年龄值介于 1172.3~825.3 Ma (高林志等, 2013b, 2014b; 江西省地质矿产勘查开发局, 2017); 南部广丰残留地块, 面积仅约 400 km², 变质基底由中元古界田里岩

组片岩、大理岩组成, 石英云母片岩中锆石 U-Pb 年龄值 1535 Ma (Li et al., 2003), 其上为青白口纪晚世晚期广丰群碎屑岩、含铜火山岩不整合覆盖。

从上述蛇绿岩片与陆缘弧盆所获年龄值可知, 华南洋东部最早的地质记录大约在中元古代晚期。从华夏陆缘怀玉岛弧年龄大于扬子陆缘江南、万年弧盆年龄推测, 华南洋于 900 Ma 前后发生先南后北俯冲, 约在 802± Ma 封闭, 扬子、华夏—东南亚古板块碰撞, 江南造山带影随钦杭带形成一条反 S 状褶皱花岗岩带。其中, 九岭花岗闪长岩基 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 820±10 Ma (钟玉芳等, 2005)。在华夏陆缘的绍兴、诸暨、金华等地也残留有零星的晋宁期石英闪长岩与中小型花岗岩岩体 (朱安庆等, 2009)。

2 华南洋西部

华南西部及邻区晚古生代以来, 受到特提斯构造域强烈复合, 前期地质构造受到严重叠改, 致使华南东部与西部的地质构造关联不够明朗。诸如华南洋的展布、地质构造域成矿区划等一系列重大问题, 需要进一步研究解决。对此, 在华南洋东部



Pt₃—新元古界(双桥山群、冷家溪群、溪口群上部、四堡群、梵净山群); Pt_{3W}—新元古界万年群; Pt_{3S}—新元古界双溪坞群; Pt_{3p}—新元古界平水组; Pt₂—中元古界; 1—新元古界深变质岩出露点; 2—蛇绿岩片; 3—晋宁期花岗岩; 4—扬子东南陆缘枕状熔岩细碧岩石英角斑岩出露点

图 9 中新元古代华南海陆缘地层分布图 (杨明桂和王光辉, 2020)

Fig. 9 Stratigraphic distribution of the continental margin of the Meso-Neoproterozoic South China Ocean (Yang and Wang, 2020)

Pt₃—the Neoproterozoic (Shuangqiaoshan Group, Lengjiaxi Group, Upper Xikou Group, Sibao Group, Fanjingshan Group); Pt_{3W}—Neoproterozoic Wannian Group; Pt_{3S}—Neoproterozoic Shuangxiwu Group; Pt_{3p}—Neoproterozoic Pingshui Formation; Pt₂—the Mesoproterozoic; 1—the outcrops of Neoproterozoic deep metamorphic rocks; 2—ophiolite sheet; 3—granite of the Jinningian period; 4—the outcrops of pillow lava–spilite–quartz–keratophyre in the southeast Yangtze continental margin

研究的基础上,文章与华南海西部联系起来进行了综合研究,并选择元古宙以来地质体出露较好的红河结合带和印支地区北东部进行了重点地质构造剖析。

在中国西部及邻区地质图(中国地质科学院地质研究所, 2006)和国际亚洲地质图(任纪舜, 2013)等多种地质构造图均显示凭祥–歙县–苏州断裂带与可可西里–金沙江–红河结合带在河内市北面相连(图 10),由于当时还不知道凭祥–歙县–苏州断裂带是扬子、华夏板块的结合带,加上可可西里–金沙江–红河结合带通常作为古特提斯小洋盆闭合形成的结合带,以致未能把两条结合带连接起来。

红河结合带西北面在大理附近与金沙江结合带连接,在河内市以南则是一条形成较晚的转换型左旋走滑深断裂带。红河结合带结构很复杂,由泸江、红河、哀牢山、九甲等一系列逆冲推覆断裂带与古元古界、古生界组成一条构造岩片堆叠带,西北面包括金沙江结合带南段塔城–大理间都夹杂有

古中元古代变质岩片(李宝龙等, 2008; 沙绍礼等, 2017; 潘桂棠等, 2017)。在红河结合带东北面为晋宁运动时期固结的扬子陆块,在扬子陆缘残留有古元古代晚期–中元古代早期大红山群和青白口系盐边群岛弧火山岩,具活动陆缘特征(程裕淇, 1994)。沿红河结合带从大理到越南安沛形成了一条新元古代、晚古生代、三叠纪复式花岗岩带,新元古代花岗岩年龄值为 892 Ma,并有角闪辉长岩体分布,年龄值为 892~769 Ma(李宝龙等, 2008; 沙绍礼等, 2017),该带从哀牢山至藤条河为一条长达 350 km 的蛇绿混杂岩带,伴有残留的岛弧火山残体,时代主要为石炭纪与二叠纪古特提斯洋遗迹。值得注意的是古元古界哀牢山群中也有许多构造侵位的蛇绿岩块,曾获有 1100~900 Ma、673 Ma 的 Rb-Sr 等时线参考年龄值(程裕淇, 1994)。金沙江结合带及其两侧因古特提斯小洋盆扩张、叠覆,前期构造面目受很大影响,其东北面的巴颜喀喇–松潘造山带多数学者认为是扬子陆块裂解后发展起来

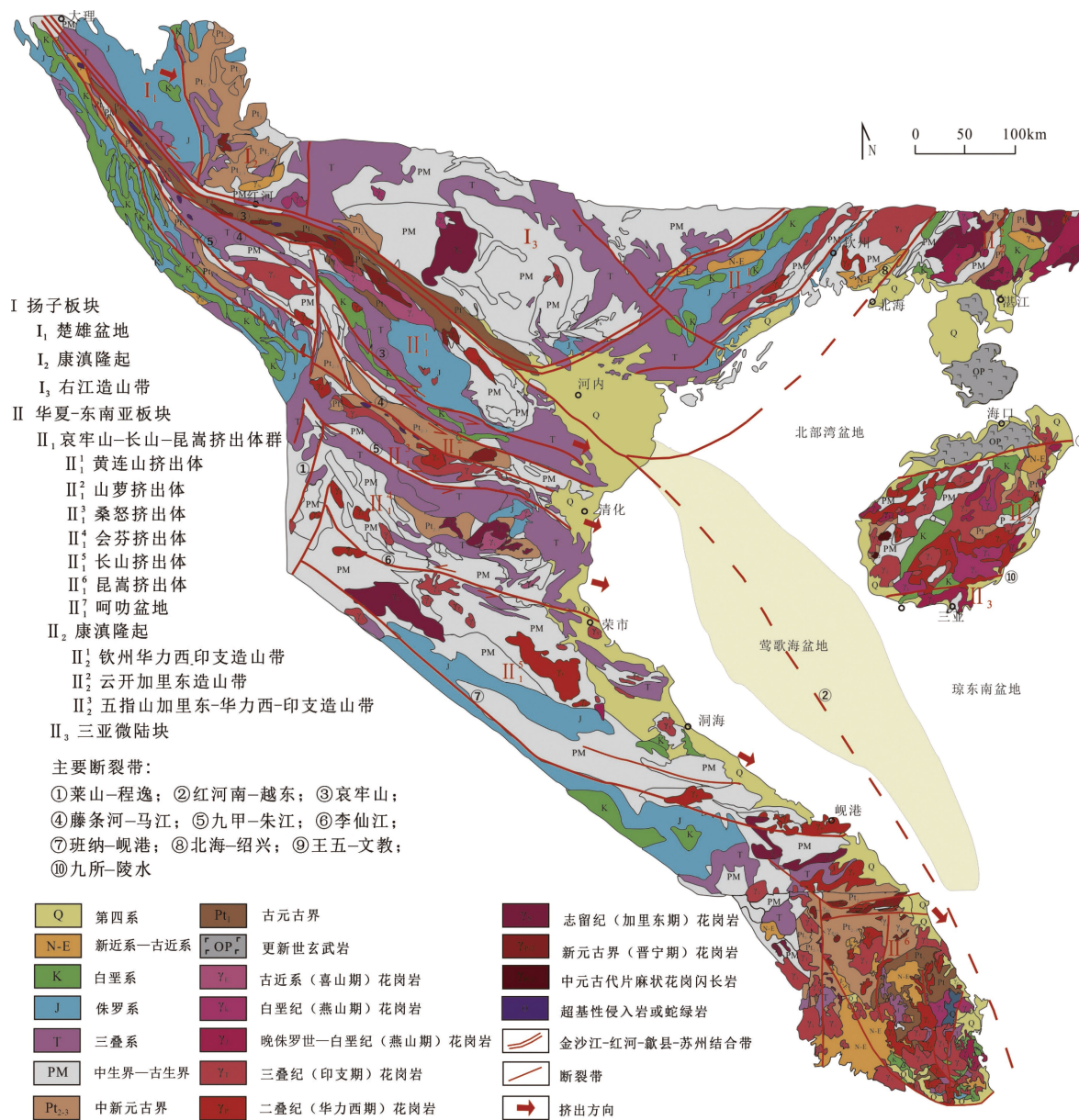


图 10 金沙江-红河-歙县-苏州结合带中段相邻地区地质构造图(据任纪舜, 2013 修改)

Fig. 10 Geological structural map of the adjacent areas in the middle section of the Jinsha River-Red River-Shexian-Suzhou junction zone (modified from Ren, 2013)

的(程裕淇, 1994), 存在元古宙变质基底(潘桂棠等, 2017)。在理塘、福城、木里等地有小块元古代基底出露, 其西南面北羌塘盆地为壳中元古代基底, 在玉树、红达、巴塘等地也有零星元古代基底出露(葛肖虹和马文璞, 2014)。在昌都地块北部有前寒武纪变质基底分布, 在小苏幕一带宁多群之上草曲群底砾岩界面相当于晋宁运动(李兴振等, 2002)。由此推定金沙江-红河结合带是一条中新元古代华南海洋与古特提斯小洋盆先后消亡形成的叠合型结合带。

所以, 可可西里-金沙江-红河与凭祥-歙县-苏

州为同一结合带, 还可能东延至朝鲜半岛南部沃川一带(张训华等, 2010), 西延至中亚地区, 是中新元古代华南海洋的消亡潜没带和古板块结合带, 建议简称金沙江-红河-歙县-苏州结合带。北面为扬子板块、南面为华夏-东南亚板块。著名的晋宁运动是华南海洋消亡、古板块碰撞形成的一场具有奠基意义的重要造山运动。

华南海洋潜没带与金沙江-红河-歙县-苏州结合带向南弯曲, 总体呈东西向延伸, 与古亚洲洋潜没带及板块结合带、秦祁昆洋潜没带及板块结合带, 构成了横亘中国及邻区三条巨大的纬向构造带。

3 华南洋与中新元古代板块构造

华南早前寒武纪克拉通于中元古代裂解形成华南洋和扬子、华夏-东南亚板块, 于青白口纪晚世(820± Ma)洋盆闭合, 板块碰撞对接形成了以上扬子陆核为中心的古华南洋构造域(江西省地质矿产勘查开发局, 2017), 该构造域形成后遭裂解叠覆, 但仍相当辽阔。北以中央造山带与古亚洲洋构造域连接, 东达朝鲜半岛南部, 其西部在帕尔米地区受到强烈挤压。万天丰(2013)划分的亲扬子构造域包括帕米尔兴都什库地区, 所以有可能延至中亚地区(图 11)。

3.1 扬子板块

古华南洋构造域北部的扬子板块与古亚洲洋构造域塔里木、中朝板块的分界为康西瓦-昆中-商丹-六安-牟平结合带(黄崇轲等, 2004), 其中康西瓦-商丹段, 据陆松年等(2009)和张国伟等(2019)对秦岭造山带研究表明, 其与金-红-歙-苏结合带相似, 结构十分复杂, 为一条较宽的复杂构造带。

扬子陆块也称扬子地台, 以上扬子新太古代—古元古代陆核为核心, 整体固结于晋宁运动时期, 曾有较大规模, 虽迭遭裂解叠覆, 仍是古华南洋构

造域最大的一个陆块。西部晋宁期沿康滇带发生裂解, 此后又受古特提斯构造及地幔柱活动影响形成了巴颜喀喇-松潘造山带, 东部被郯庐断裂带错动北移至苏北地区, 继续延至朝鲜半岛南部的京畿地区。

3.2 华夏-东南亚板块

该板块于晋宁运动时基本固结, 并与扬子板块连接, 旋于青白口纪晚世晚期(815± Ma), 发生了强烈伸展, 形成了华南裂谷系。志留纪时形成了华南造山系, 该造山系中不存在早古生代蛇绿岩带, 政和-大浦断裂带中的王母山等超基性岩体为侵入岩, 不是蛇绿岩, 该带不是早古生代板块结合带(福建省地质调查研究院, 2016)。该区中晚古生代以来西部遭古、中、新特提斯构造复合, 经历了洋盆、挤压、逃逸等复杂过程(潘桂棠等, 2002; 许志琴等, 2016)。东部晚中生代以来, 受到滨太平洋构造域复合, 经历了强烈的燕山期陆内活化造山(陈国达, 1956; 杨明桂等, 2009)与造山后伸展裂陷。

3.2.1 北羌-东南亚地体

北羌-东南亚地体是在华夏-东南亚古板块西部形成的复杂造山带, 北侧为可可西里-金沙江-红河结合带, 南面以龙木错-双湖-澜沧江-清迈-劳勿结合带与南特提斯构造域滇藏中间板块(程裕淇, 1994)分界。其地块部分形成了北羌、昌都、芒康、兰坪、思茅、呵叻等一串透镜状大小地块与新生代

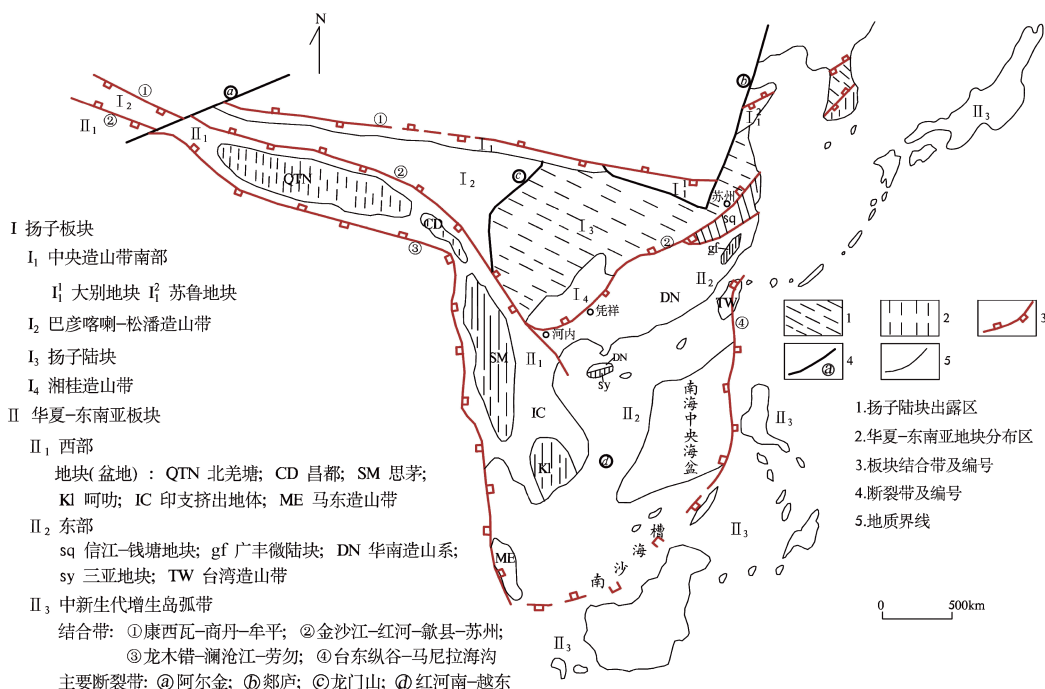


图 11 华南洋与邻侧构造略图

Fig. 11 Tectonic sketch of the South China Ocean and its adjacent side

盆地。熊盛清等(2018)通过航磁研究,推断兰坪、思茅地块为古元古界结晶基底;昌都地块基底复杂,有前震旦纪宁多群,也可能有奥陶纪、志留纪变质岩系;羌塘地块基底埋深大,奥陶系、志留系为陆表海盖层。李江涛等(2016)通过羌塘盆地侏罗系雁石坪群砂岩碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素年代学研究,盆地基底时代为 1974~1666 Ma 的古中元古界,地块群北、南两缘造山带北中段残留有二叠纪—三叠纪弧火山岩片(潘桂棠等, 2002),北带西南端为哀牢山—长山挤出体群,南带南端到达马来半岛劳勿结合带以东的古生界—三叠系组成的造山带(李春昱等, 1982)。经此次研究,古近纪时受印度板块俯冲挤压,澜沧江结合带在无量山地区出现一个大拐弯构造与红河结合带发生强烈对挤,导致滇西南—印支地体向南南东方向逃逸,在其东北部形成了哀牢山—长山—昆嵩挤出体群(图 10)。

哀牢山—长山挤出混杂地体呈扇状向南东方向展开,中部被莱州—程逸北北东向断裂带错动,但两侧的构造可约略对应。西北部在滇西南哀牢山地区,处于地体强烈压缩部位,东南部主要在越南、老挝境内,由一系列舌状次级挤出体及其间的转换走滑断裂带组成。从北东向南西依次为黄连山、山萝、桑怒、会芬、长山、昆嵩六个走向北西的透镜状次级挤出体,西北端翘起、南东端倾伏,约略呈反 S 状扭曲,逐个迭次向南东方向推移,呈左行侧列展布。挤出体之间有哀牢山—黑水河、藤条河—马江、九甲—朱江、李仙江—蓝江、班纳—岷港等转换型左旋走滑断裂带。

红河断裂带南段在古近纪时与越东近南北向断裂带相接,构成印支挤出体的东缘转换型左旋走滑断裂带,和古近纪时处于伸展逃逸状态的华南造山系与三亚—南海地块分界。其上被始新世以来形成的莺歌海盆地覆盖,说明挤出事件发生于始新世早期或稍早。

该区古特提斯洋残留的蛇绿岩块与岛弧火山岩片,主要分布于滇西南红河、哀牢山、九甲—安定、藤条河等断裂带及其间的岩片中,蛇绿岩块主要由蛇纹石化橄榄岩、辉长岩、辉绿岩墙组成,具构造侵位特征(程裕淇, 1994)。除此,据吴良士(2009)、刘书生等(2018)、施美凤(2011)报导,马江、莱州—程逸等断裂带有蛇绿岩块出露。莱州—程逸断裂带是红河结合带古近纪挤出时期形成的一条走滑分支断裂带,其南段诗丽吉水库附近出露的蛇绿岩块

与岛弧火山岩片,应是近原地的挤出岩块(片)。马江断裂带出露的蛇绿岩带,构造侵位于中晚寒武世准活动型地层中,当是伴随挤出体形成的近原地残块,不是扬子板块与印支板块的结合带,所以,哀牢山—长山地体是一个十分独特的由多个次级挤出体和多条转换走滑断裂带以及有近原地洋壳混入的挤出混杂体群。

据程裕淇(1994)、吴良士(2009)、施美凤等(2011)等资料综合分析,哀牢山—长山—昆嵩挤出自元古宙以来,地质记录基本齐全,与华南东部地区的地质构造虽不能相连,存有差异,但地质发展演化基本特征表明,其间无洋盆相隔,同属于中新元古代华夏—东南亚古板块。

挤出体群南东端的昆嵩挤出体,是北羌—印支地体北缘造山带根部挤出部分。有古元古界结晶基底出露,并有中新元古界、新元古界一下寒武统、古元古代苏长岩、辉长岩、紫苏花岗闪长岩、闪长岩、花岗岩出露。其地质特征与武夷—云开褶皱带根部剥露区相似。

哀牢山—长山地区有新元古界、新元古界一下寒武统浅变质岩系零星分布。奥陶系、志留系分布较广,主要为浅变质的复理石、类复理石碎屑岩、灰岩沉积,局部含安山岩、英安岩、玄武岩,显示新元古代晚期—早古生代是华南裂谷系的西延部分。值得注意的是,区内顶志留统与下泥盆统未分,早古生代花岗岩不发育,显示与钦州湾、海南岛相似,加里东运动为非造山或弱造山。

晚古生代—中三叠世重要事件为金沙江—红河谷特提斯小洋盆形成,蛇绿岩带时代为 380~330 Ma,向昌都—思茅地体俯冲时期为 268~257 Ma(许志琴等, 2016),洋盆闭合于中三叠世。滇西南地区上古生界—早中生界为浅变质碎屑岩、碳酸盐岩夹放射虫硅质岩、玄武岩,具岛弧沉积特征。长山地区为陆海碎屑岩、碳酸盐岩沉积,上、中三叠统间为不整合,中三叠世末基本上结束了海相沉积,形成了较多二叠纪、三叠纪花岗岩,主要有红河—哀牢山、绿春、山萝、会芬、长山等中小型岩带。华力西、印支期造山作用强烈。华南东部这时处于滨特提斯洋陆表海环境。古特提斯期构造岩浆活动由华南西部向华南东部总体呈现出西强东弱特征,晚三叠世以来与华南东部同步进入大陆发展时期,上三叠统为含煤地层、下中侏罗统部分为海相碎屑岩夹中酸性火山岩,上侏罗统一下白垩统为红色碎

屑岩与中酸性火山岩。燕山早期侏罗纪花岗岩不发育, 昆嵩、胡志明市一带早白垩世花岗岩广泛分布, 桂西南、海南岛也以燕山晚期花岗岩为主, 两者有相似之处。

古近纪以来, 随着印度板块向北楔入, 青藏造山导致地幔物质向南东挤出流动等问题, 莫宣学 (2009) 对此进行了深入研究。根据新生代火山活动趋势, 得出沿金沙江-红河断裂带有一条主要向南东方向迁移的晚始新世以来的 (48~16 Ma) 火山岩带, 主要为钾质岩浆岩、钠质碧玄岩、碱性玄武岩等, 认为是地幔流侧向挤出的产物; 并在红河断裂带东北侧文山-马关新生代钾玄岩中发现有地幔岩包体, 结合地球物理资料, 指出印度板块俯冲、青藏地区挤压导致地幔物质流动, 其中滇西-三江是一个重要的深部物质流通道。这给笔者以很大启示, 推测北羌-印支一串挤压挤出形成的透镜状地块, 因地幔物质流通道上涌, 引发地壳伸展成盆, 形成长达约 5000 km 的透镜状地块带、火山岩带、幔流通道与成盆带组成的特殊构造带。

3.2.2 华夏陆块

华夏陆块是华夏板块的核部, 由于遭到裂解, 地质界为其再造做了大量工作, 取得了很大进展。前已述及, 信江-钱塘地块与广丰地块是其较大的残体, 三亚残留地块与北羌-呵叻一串地块也是其成员。武夷-云开加里东期造山带剥露出来根部的浙西古元古界八都群、闽北古元古界大金山岩组、天井坪岩组、云开古元古界天堂山岩组以及五指山造山带的中元古界抱板岩群, 都是裂解的华夏结晶基底残块。浙西有古元古代吕梁期淡竹花岗岩, 陈润生 (2018) 新发现闽西北有较多的吕梁期花岗岩分布。从获取的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄值 (Wan et al., 2007), 南山岩组 (807±12 Ma)、迪口岩组 (1.04 Ga) 时代可能为中新元古代华夏陆块的褶皱基底岩层。据海南省地质调查院 (2017) 记载, 五指山造山带中有中元古代花岗岩发现, 南海海域有零星的二叠系、三叠系残留, 二叠系为灰岩、硅质碎屑岩、长石杂砂岩, 与华南大陆二叠纪陆表海沉积相似, 上二叠统为深海相变质碎屑岩, 不整合于元古宙变质基底之上; 西沙永兴岛钻孔中见古近纪不整合于元古宙花岗片麻岩、石英云母片岩之上, 岩性与抱板群相似; 南沙群岛残留的二叠系与下伏元古宙变质岩为不整合; 南海北部与南部磁场强度异常均主要在 -300~100 nt, 因此, 南海主体部分是古近纪裂解

的华夏陆块。杨明桂等 (2012b) 研究认为, 台湾中央山脉也是华夏板块的一部分, 黄长煌 (2017) 在玉里变质岩中获得磨圆碎屑变质岩浆锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 1769~1825 Ma、2506~2530 Ma 表面年龄值。华夏-东南亚陆块的东南缘大致以南沙海槽、马尼拉海沟、台东纵谷为界。

扬子、华夏-东南亚板块经历了新元古代晚期-早古生代华南裂谷系改造, 晚古生代古特提斯构造复合, 中新世受古太平洋板块、菲律宾海板块、澳-印板块复合形成了日本、冲绳、台东、菲律宾、巴拉望、巽他群岛组成的岛弧带。中国南部及邻区至此构成了高原、大陆、海域、岛弧“四位一体”的地质构造格局。

由上所述, 中国南部及邻区晋宁期时呈现“两板夹一洋”的古地理古构造格局, 这一时期处于 Rodinia 大陆构造发展演化过程 (万天丰, 2004; Li et al., 2008; Cawood et al., 2017)。陆松年 (1998) 编制的中国主要陆块在 Rodinia 超大陆汇聚过程中可能的位置图 (图 12), 将中国及邻区的板块分为华北、塔里木、扬子、华夏-东南亚板块, 当时的位置处于地球的东北部。在该图的基础上文章根据新厘定的华南洋, 将北扬子、南华夏-东南亚两个古板块进一步分开, 显示扬子、华夏-东南亚板块是元古泛大洋中的两个成员, 经晋宁运动连为一体, 并成为 Rodinia 大陆的组成部分。



图 12 中国主要陆块在 Rodinia 超大陆汇聚过程中可能的位置 (据陆松年, 1998 修改)

Fig. 12 Possible positions of China's main continental blocks during the convergence of the Rodinia supercontinent (modified from Lu, 1998)

4 华南洋潜没带控矿意义

以华南洋潜没带与金-红-歙-苏板块结合带为背景,经长期发展演化,形成了一条向南弯曲的巨型岩浆-金属成矿带,东段为著名的钦杭成矿带、西段为著名的金沙江-红河成矿带,两带在越南北部相连。

4.1 钦杭成矿带

该带为华南规模最大的超大型、大型矿床集中分布地带,钨资源居世界之首,朱溪、石门寺、柿竹园为居世界前列的钨矿床,并拥有著名的德兴铜金矿集区、湘南钨锡矿集区和大湖塘、锡田(钨锡)、水口山、黄沙坪(铅锌)、大万(金)、冷水坑(银铅锌)、灵山、苏州、宜春、栗木(钽铌锂)、相山(铀)、蒙山(硅灰石)、临安(膨润土、萤石)等重要矿田(床)(图13)。

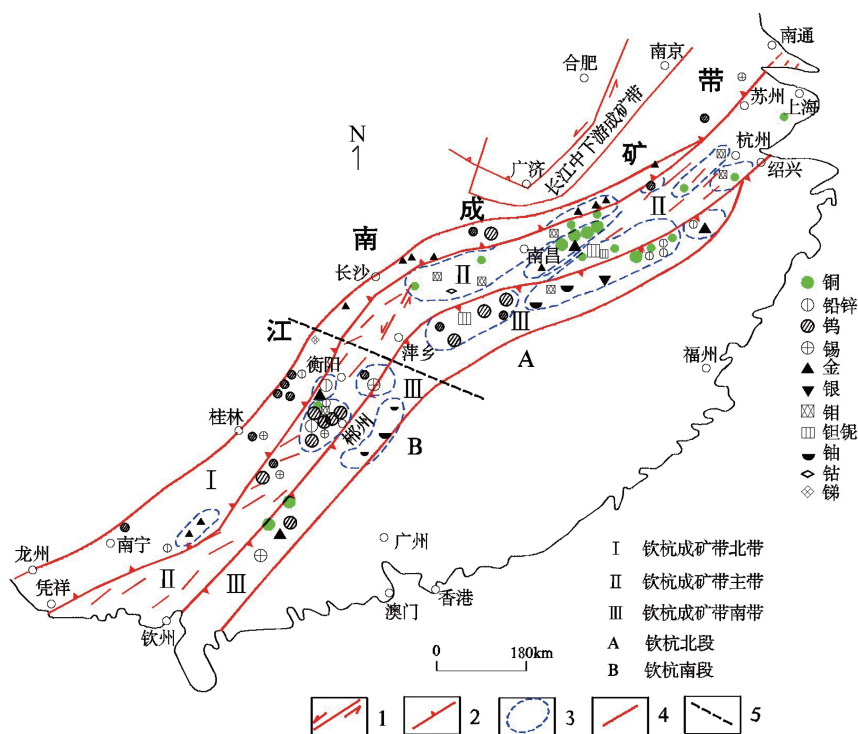
4.2 金沙江-红河成矿带

据李文昌等(2010)、陈毓川(2015)、王岩等

(2020)等资料,该带包括金沙江、红河两带组成。该带起自青海省治多县至云南省大理市(图14)。

4.2.1 金沙江带

该成矿带包括分布于金沙江结合带右侧与义敦-理塘岛弧西部的金属矿床。北部有石渠、德格两县之间的俄支锡金矿集区,包括中小型锡矿、金矿、铜矿等多处矿床。著名的白玉县呷村银多金属矿集区有印支期海相火山岩块状硫化物矿床,包括呷村超大型和嘎依穷等中小型银铅锌铜矿床,另有低温热液型孔马寺中型汞锑金矿床。巴塘-义敦银锡多金属矿集区成矿岩体为燕山期花岗岩,包括有夏寨大型、砂西、多洛青棵和吕顶贡等中型银铅锌矿床,热隆、脚根玛大型锡矿床,玄隆、连隆中型银锡矿床以及巴塘等中型铜矿床。香格里拉普朗铜矿集区为印支期I型中酸性侵入岩铜多金属矿田,有普朗大型斑岩铜矿床、红山和雪鸡坪中型矽卡岩铜矿床及多处小型铜矿床(点),另有甬哥古近纪中型斑岩金矿床。南部有丽江市香格里拉县麻花坪印支期花岗岩形成的大型钨铍矿床,鹤庆县北衙古近纪石英正长斑岩等超大型斑岩、矽卡岩型金多金

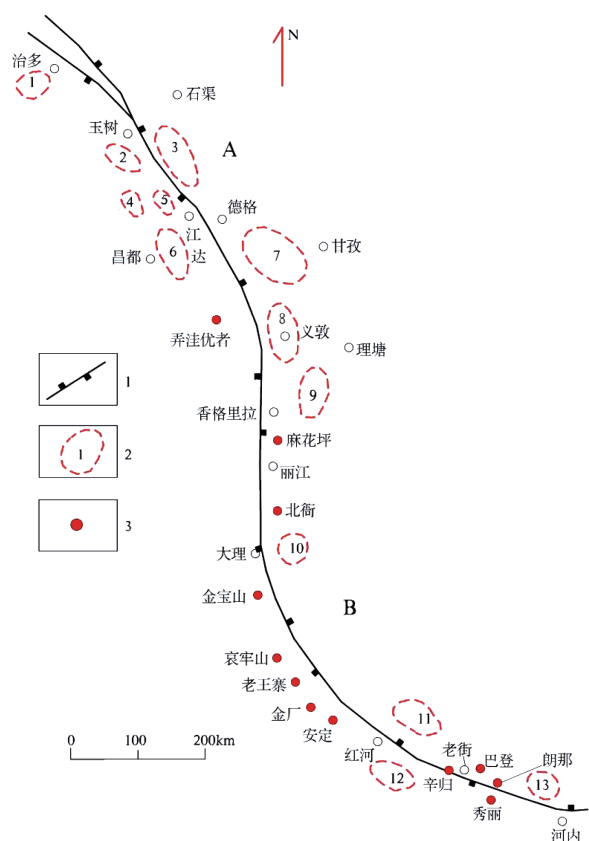


1—走滑断裂带; 2—逆冲推覆断裂带; 3—主要矿田; 4—断裂; 5—钦杭成矿带南北分界线

图13 钦杭成矿带及邻侧地质矿产简图(据杨明桂和梅勇文, 1997修改)

Fig. 13 Geological and mineral map of the Qinhang metallogenic belt and its adjacent areas(modified from Yang and Mei, 1997)

1—strike-slip fault belt; 2—thrust-nappe fault zone; 3—main ore fields; 4—fault; 5—north-south divide of the Qinzhou-Hangzhou metallogenic belt



1—结合带; 2—主要矿集区、矿田及编号; 3—主要矿床; A—金沙江成矿带; B—红河成矿带

矿集区、矿田: 1—多彩 Cu; 2—赵卡隆 Fe、Cu; 3—俄支 Sn、Au、Cu; 4—足那—包买 Pb、Zn; 5—加多岭 Fe、Pb、Zn; 6—玉龙 Cu、Au; 7—呷村 Ag、Fe、Cu、Au; 8—巴塘—义敦 Ag、Sn; 9—普朗 Cu; 10—马厂菁铂金; 11—一个旧 Sn、Cu、Pb、Zn、W; 12—大坪—长安 Au、Ni; 13—永安(越南) W、Bi、Sn

图 14 金沙江—红河成矿带主要内生金属矿床矿产分布图

Fig. 14 Mineral distribution map of the main endogenous metal deposits in the Jinsha River-Hong River metallogenic belt

1—junction zone; 2—main ore concentration areas, ore fields and their numbers; 3—main deposits; A—Jinshajiang metallogenic belt; B—Honghe metallogenic belt

Ore concentration areas and ore fields: 1—Duocai (Cu); 2—Zhaokalong (Fe and Cu); 3—Ezhi (Sn, Au, and Cu); 4—Zuna—Baomai (Pb and Zn); 5—Jiaduoling (Fe, Pb, and Zn); 6—Yulong (Cu and Au); 7—Gacun (Ag, Fe, Cu, and Au); 8—Batang—Yidun (Ag and Sn); 9—Pulang (Cu); 10—Machangjing (Pt); 11—Gejiu (Sn, Cu, Pb, Zn, and W); 12—Daping—Chang'an (Au and Ni); 13—Yong'an (in Vietnam) (W, Bi, and Sn)

属矿床。

金沙江结合带南西侧, 主要内生金属矿床分布于北查—昌都成矿带北东边缘地带。青海省境内有

治多县多彩铜矿田, 大型、中型铜矿床各一处。玉树市境内有赵卡隆矿田, 有印支期火山岩型赵卡隆铁铅锌银大型矿床, 另有多处中小型铜矿床。

藏东北地区矿床密布, 有足那—包买两大铅锌矿床组成的矿田; 丁钦弄—加多岭矿田有火山岩型加多岭式大中型铁矿与丁钦弄大型铅锌矿; 著名的玉龙矿集区为古—新近纪 I 型斑岩铜矿床, 玉龙矿床具超大型规模, 扎拉尕、昂青、莽总、多霞松多、马拉松多等矿床具大型规模。贡觉县南部有弄洼优中型铜矿及小型金矿床。

4.2.2 红河带

该带北起红河段大理市, 南东延入越南西北部。滇东南沿红河结合带是一个重要的金镍铂成矿带, 包括大理市马长菁金铂矿田, 南涧县金宝山大型铂矿床, 镇沅县老王寨超大型、墨江县金厂中型剪切带蚀变岩型金矿床, 新平县大红山古—中新元古代海相火山岩型大型铁铜矿床, 墨江县小尾洞—安定超大型超基性岩风化壳硅酸镍矿床。

滇东境内最重要的矿集区为个旧锡多金属矿集区, 其中个旧锡矿为燕山晚期花岗岩形成的以矽卡岩型锡铜钨矿体为主并伴有蚀变岩型、细脉带型、似层状型矿体, 由马拉格、松树脚老厂、卡房四大锡矿床组成。矿集区另有荒田大型铅锌矿床及多处锡钼铅锌小型矿床、矿点。元阳县与金平县间为大坪—长安金镍矿集区, 成矿时期为喜马拉雅早期, 有元阳县大坪韧性剪切带蚀变岩型中型金矿床、与正长斑岩有关的长安中型金矿床、金平县白马寨与加里东期超基性岩有关的小型铜镍矿床。

进入越南西北部, 老街境内有辛归古元古代—中元古代海相火山沉积变质改造型大型铜(金铁稀土)矿床, 马登中型钼矿床, 郎那、秀丽中型铅锌矿床以及永安钨铋锡矿集区。

金沙江—红河成矿带与钦杭成矿带相比, 勘查程度偏低, 西北段的可可西里一带找矿程度很低, 资源潜力巨大。

5 结束语

(1) 晋宁期华南的发现, 进一步把中国南方西部与东部地质构造更紧密地连结起来, 使区内中新元古代地质构造发展演化历史进一步趋于明朗。扬子板块与华夏—东南亚板块的进一步厘定, 构建了中国南部及邻区大地构造的新格局。

(2) 华南洋于 820±Ma 闭合, 扬子、华夏-东南亚板块基本固结并连为一体, 成为罗迪尼亚大陆的组成部分; 约于 815±Ma 发生裂解, 形成了华南裂谷系; 志留纪时闭合造山并进一步固结, 晚古生代与古特提斯构造复合; 三叠纪时经印支运动成为欧亚板块的一部分, 侏罗纪时与滨太平洋构造复合, 发生了燕山运动; 古近纪以来, 受到滇-印板块和菲律宾海板块影响, 形成了现今的地质构造格局。

(3) 金沙江-红河-歙县-苏州古板块结合带和华南洋潜没带的厘定, 与古亚洲洋潜没带及板块结合带、秦祁昆洋潜没带与板块结合带共同构成了中国及邻区三条巨型的向南弯曲的纬向构造带, 而且显示古大洋潜没构造带经发展演化具有优越的成矿背景条件。钦杭成矿带与金沙江-红河成矿带相接构成了一条拥有深源 I 型岩浆成铜金多金属和 S 型壳源岩浆成钨锡多金属的两大岩浆成矿系列的巨型成矿带。研究表明, 潜没的古大洋总会留下残迹和形成一定规模复杂的构造带与岩石圈结构变异带、陆壳与洋壳混杂带以及深源岩浆成矿为特色的重要成矿带。

华南洋时代古老又处于隐伏状态, 古华南洋构造域地质构造复杂又很辽阔, 西部研究程度尤显得薄弱, 有待于更全面的、更深入的研究。

致谢: 研究工作得到了陈毓川院士、王登红研究员的支持, 常印佛、裴荣富院士的鼓励, 任纪舜院士、黄崇轲、陆松年、朱裕生、舒良树、李均权、石礼炎、袁学诚、张忠伟、黄懋鸿等提供了宝贵意见, 谨致感谢! 文章是江西与全国众多地质工作者长期工作取得的一项成果。

References

- BAI D Y, XIONG X, YANG J, et al., 2014. Geological structure characteristics of the middle segment of the Xuefeng orogen[J]. *Geology in China*, 41(2): 399-418. (in Chinese with English abstract)
- BAI W J, GAN Q G, YANG J S, et al., 1986. Discovery of well-reserved ophiolite and its basical characters in southeastern margin of the Jiangnan ancient continent[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 5(4): 289-299. (in Chinese with English abstract)
- CHEN G D. 1956. Examples of "activizing region" in the Chinese platform with special reference to the "Cathaysia" problem[J]. *Acta Geologica Sinica*, (03): 239-271. (in Chinese with English abstract)
- CAWOOD P A, ZHAO G C, YAO J L, et al., 2017. Reconstructing South China in Phanerozoic and Precambrian supercontinents[J]. *Earth-Science Reviews*, 186: 173-194.
- CHEN R S, 2018. Progress and direction of research on the basic geological survey in Fujian province[J]. *Geology of Fujian*, 37(2): 83-108. (in Chinese with English abstract)
- CHEN Y C, WANG D H, XU Z G, et al., 2015. Important mineral and regional metallogenic regularity in China[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- CHENG Y Q, 1994. Introduction to regional geology in China[M]. Beijing: Geology Press: 327-458. (in Chinese)
- DENG J, LI W C, MO X X, et al., 2016. Sanjiang Tethys composite orogenic belt and mineralization[M]. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- DING B H, SHI R D, ZHI X C, et al., 2008. Neoproterozoic (~850 Ma) subduction in the Jiangnan orogen: evidence from the SHRIMP U-Pb dating of the SSZ-type ophiolite in southern Anhui Province[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 27(5): 375-388. (in Chinese with English abstract)
- Fujian Institute of Geological Survey, 2016. China regional Geology · Fujian chronicle[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- GAO L Z, YANG M G, DING X Z, et al., 2008. 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*, 27(10): 1744-1751. (in Chinese with English abstract)
- GAO L Z, DING X Z, CAO Q, et al., 2010. New Geological time scale of Late Precambrian in China and geochronology[J]. *Geology in China*, 37(4): 1014-1020. (in Chinese with English abstract)
- GAO L Z, DING X Z, LIU Y X, et al., 2013b. The revision of the Chentangwu Formation in Neoproterozoic stratigraphic column: Constraints on zircon U-Pb dating of tuff from the Mengshan section in Pujiang County, Zhejiang Province[J]. *Geological Bulletin of China*, 32(7): 988-995. (in Chinese with English abstract)
- GAO L Z, LU J P, DING X Z, et al., 2013a. Zircon U-Pb dating of Neoproterozoic tuff in South Gaungxi and its implications for stratigraphic correlation[J]. *Geology in China*, 40(5): 1443-1452. (in Chinese with English abstract)
- GAO L Z, CHEN J S, DAI C G, et al., 2014a. SHRIMP zircon U-Pb dating of tuff in Fanjingshan Group and Xiajiang Group from Guizhou and Hunan Provinces and its stratigraphic implications[J]. *Geological Bulletin of China*, 33(7): 949-959. (in Chinese with English abstract)
- GAO L Z, ZHANG H, DING X Z, et al., 2014b. SHRIMP zircon U-Pb dating of the Jiangshan-Shaoxing faulted zone in Zhejiang and Jiangxi[J]. *Geological Bulletin of China*, 33(6): 763-775. (in Chinese with English abstract)
- GE X H, MA W P, 2014. China regional tectonics courses[M]. Beijing: Geology Press: 216-385. (in Chinese)
- Guangxi Zhuang Autonomous Region Geology and Mineral Bureau, 1985. Regional geology of Guangxi Zhuang autonomous region[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- GUO L Z, SHI Y S, MA R S, et al., 1980. Tectonic lattice and crustal evolution in South China[J]. *Proceedings of the International Exchange of Geology (I)*: 1-89. (in Chinese with English abstract)
- Hainan Provincial Geological Survey Institute, 2017. Regional geology · of China Hainan chronicle[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- HU S L, ZOU H B, ZHOU X M, 1992. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of the Proterozoic

- collision orogenic belt in Jiangnan[J]. *Chinese Science Bulletin*, 37(3): 286-290. (in Chinese)
- HUANG C H, 2017. U-Pb isotopic ages of zircon from Yuli Belt in Taiwan and its geological significance[J]. *Geological Bulletin of China*, 36(10): 1722-1739. (in Chinese with English abstract)
- HUANG C K, 2004. 1: 2.5 million geological maps and instructions of the People's Republic of China[M]. Xi'an: China Cartographic Publishing House. (in Chinese)
- Hunan Geological Survey Institute, 2017. Regional geology of China · Hunan chronicle[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, 2006. Geological map of western China and its adjacent areas[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- JIA B H, PENG H Q, TANG X S, et al., 2004. Discovery of the Wenjiashi ophiolitic melange belt in northeastern Hunan and its implications[J]. *Geoscience*, 18(2): 229-236. (in Chinese with English abstract)
- Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, 2015. Geology of mineral resources in China volume of Jiangxi[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese with English abstract)
- Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, 2017. China regional Geology · Jiangxi chronicle[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese with English abstract)
- LI B L, JI J Q, FU X Y, et al., 2008. Zircon SHRIMP dating and its geological implications of the metamorphic rocks in Ailao Shan-Diancang Mountain Ranges, west Yunnan[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(10): 2322-2330. (in Chinese with English abstract)
- LI C Y, WANG F, LIU X Y, et al., 1982. Explanatory notes to the tectonic map of Asia[M]. China Cartographic Publishing House. (in Chinese)
- LI J T, LIANG B, HE W J, et al., 2016. Geological and tectonic evolution of the basement in the Qiangtang basin of northern Tibet: Evidence from detrital zircon U-Pb isotope chronology of sandstone in the Jurassic Yan-shipin Group[J]. *Geology in China*, 43(4): 1216-1226. (in Chinese with English abstract)
- LI W C, PAN G T, HOU Z Q, et al., 2010. Southwest "Three Rivers" Multi-island Arc Basin-collision orogenic metallogenic environment and exploration technology[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- LI X H, ZHOU G Q, ZHAO J X, 1994. Shrimp ion microprobe zircon U-Pb age of the ne Jiangxi ophiolite and its tectonic implications[J]. *Geochimica*, 23(2): 125-131. (in Chinese with English abstract)
- LI X Z, JIANG X S, SUN Z M, et al., 2002. Southwest Sanjiang area collision and mountain process[M]. Beijing: Geology Press: 1-206. (in Chinese)
- LI Z X, LI X H, ZHOU H W, et al., 2002. Grenvillian Continental Collision in South China: New SHRIMP U-Pb Zircon Results and Implications for the Configuration of Rodinia[J]. *Geology*, 30(2): 163-166.
- LI Z X, LI X H, KINNY P D, et al., 2003. Geochronology of Neoproterozoic syn-rift magmatism in the Yangtze Craton, South China and correlations with other continents: evidence for a mantle superplume that broke up Rodinia[J]. *Precambrian Research*, 122(1-4): 85-109.
- LI Z X, BOGDANOVA S V, COLLINS A S, et al., 2008. Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: a synthesis[J]. *Precambrian Research*, 160(1-2): 179-210.
- LIN S F, XING G F, DAVIS DW, et al., 2018. Appalachian-style multi-terran Wilson cycle model for the assembly of South China[J]. *Geology*, 46(4): 319-322.
- LIU S S, YANG Y F, GUO L N, et al., 2018. Tectonic characteristics and metallogeny in Southeast Asia[J]. *Geology in China*, 45(5): 863-889. (in Chinese with English abstract)
- LU S N, 1998. A review of advance in the research on the Neoproterozoic Rodinia supercontinent[J]. *Geological Review*, 44(5): 489-495. (in Chinese with English abstract)
- LU S N, LI H K, WANG H C, et al., 2009. Detrital zircon population of Proterozoic meta-sedimentary strata in the Qinling-Qilian-Kunlun Orogen[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(9): 2195-2208. (in Chinese with English abstract)
- MAO J W, CHEN M H, YUAN S D, et al., 2011. Geological characteristics of the Qinhang (or Shihang) metallogenic belt in South China and spatial-temporal distribution regularity of mineral deposits[J]. *Acta Geologica Sinica*, 85(5): 636-358. (in Chinese with English abstract)
- MO X X, 2009. Qinghai-Tibet Plateau: Cenozoic collision-post-collision igneous rocks[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- PAN G T, LI X Z, WANG L Q, et al., 2002. Preliminary division of tectonic units of the Qinghai-Tibet Plateau and its adjacent regions[J]. *Geological Bulletin of China*, 21(11): 701-707. (in Chinese with English abstract)
- PAN G T, XIAO Q H, YIN F G, et al., 2017. The tectonics of China[M]. Beijing: Geology Press: 403-422. (in Chinese)
- REN J S, 2013. 1/1000000 International Geological Map of Asia [M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- SHA S L, LIU X L, YANG W L, et al., 2017. Pan-African tectonic-thermal events recorded in Dali area, western Yunnan[J]. *Geological Bulletin of China*, 36(6): 928-932. (in Chinese with English abstract)
- SHI M F, LIN F C, LI X Z, et al., 2011. Stratigraphic zoning and tectonic events in Indochina and adjacent areas of southwest China[J]. *Geology in China*, 38(5): 1244-1256. (in Chinese with English abstract)
- SHI M K, XIONG C Y, JIA D Y, et al., 1993. Comprehensive prediction of non-ferrous metal concealed deposits in Guangxi, Guangdong and Jiangxi[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- SHU L S, SHI Y S, GUO L Z, 1995. Plate-terrain structure and collision orogenic kinematics in the middle section of Jiangnan[M]. Nanjing: Nanjing University Press. (in Chinese)
- SHU L S, 2012. An analysis of principal features of tectonic evolution in South China Block[J]. *Geological Bulletin of China*, 31(7): 1035-1053. (in Chinese with English abstract)
- SHUI T, XU B T, LIANG R H, et al., 1988. Metamorphic basement geology in Zhejiang and Fujian, China[M]. Beijing: Science Press: 59-82. (in Chinese)
- WAN T F, 2004. Outline of Chinese geotectonics[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- WAN T F, 2013. A new Asian tectonic unit map[J]. *Geology in China*, 40(5): 1351-1365. (in Chinese with English abstract)
- WAN Y S, LIU D Y, XU M H, et al., 2007. SHRIMP U-Pb zircon geochronology and geochemistry of metavolcanic and metasedimentary rocks in Northwestern Fujian, Cathaysia block, China: Tectonic implications and the need to redefine lithostratigraphic units[J]. *Gondwana Research*,

- 12(1-2): 166-183.
- WANG Y, WANG D H, HUANG F, 2020. Geology of China's Minerals · China's mineral regions by province atlas[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- WU L S, 2009. Geological structure and regional mineralization in the Socialist Republic of Vietnam[J]. Mineral Deposits, 28(5): 725-726. (in Chinese)
- XIONG S Q, YANG H, DING Y Y, et al., 2018. Subdivision of tectonic units in China based on aeromagnetic data[J]. Geology in China, 45(04): 658-680. (in Chinese with English abstract)
- XU B, GUO L Z, SHI Y S, 1992. Proterozoic terrain and multi-stage collision orogenic belt in Anhui, Zhejiang and Jiangxi[M]. Beijing: Geology Press: 1-112. (in Chinese)
- XU D M, LIN Z Y, LUO X Q, et al., 2015. Metallogenetic series of major metallic deposits in the Qinzhou-Hangzhou metallogenic belt[J]. Earth Science Frontiers, 22(2): 7-24. (in Chinese with English abstract)
- XU Z Q, YANG J S, HOU Z Q, et al., 2016. The progress in the study of continental dynamics of the Tibetan Plateau[J]. Geology in China, 43(1): 1-42. (in Chinese with English abstract)
- YANG M G, MEI Y W, 1997. Characteristics of geology and metallogenization in the Qinzhou-Hangzhou paleoplate juncture[J]. Geology and Mineral Resources of South China(3): 52-59. (in Chinese with English abstract)
- YANG M G, MEI Y W, ZHOU Z Y, et al., 1998. Metallogenetic Regularity and Prediction of Luoxiao - Wuyi uplift and Shangrao-Chenzhou depression[M]. Beijing: Geological Publishing House. (in Chinese)
- YANG M G, HUANG S B, LOU F S, et al., 2009. Lithospheric structure and large-scale metallogenetic process in Southeast China continental area[J]. Geology in China, 36(3): 528-543. (in Chinese with English abstract)
- YANG M G, ZHU P J, XIONG Q H, et al., 2012a. Framework and evolution of the neoproterozoic-early paleozoic south-China rift system[J]. Acta Geologica Sinica, 86(9): 1367-1375. (in Chinese with English abstract)
- YANG M G, LV X X, HUANG Y, et al., 2012b. The correlation of geological structures across the Taiwan strait[Z]. New Progress in Jiangxi Geology. Nanchang: Jiangxi Science and Technology Press. (in Chinese with English abstract)
- YANG M G, WU F J, SONG Z R, et al., 2015. North Jiangxi: a geological window of south China[J]. Acta Geologica Sinica, 89(2): 222-233. (in Chinese with English abstract)
- YANG M G, WANG G H, 2020. Core-mantle-type extensional mode and dynamic mechanism of the magmatic metallogenetic explosion of the Yanshanian in the Cathaysian metallogenetic province[J]. Journal of Geomechanics, 26(1): 1-12. (in Chinese with English abstract)
- YANG M G, YU Z Z, TANG W X, et al., 2021. South China ocean-coastal pacific tectonic evolution and mineralization[M]. Beijing: Geology Press. (in Chinese)
- YAO J L, SHU L S. 2014. Precambrian crust evolution in South China [C]. 2014 China Earth Sciences Joint Annual Conference (Topic 49): Proceedings of the Tectonic Structure of the South China Continent, 7. (in Chinese)
- YU G S, XIAO K C, 1985. Discussion on the existence of the ancient ophiolite belt in northeastern Jiangxi and its geological structure significance[J]. Geology of Jiangxi(1-2): 39-50. (in Chinese with English abstract)
- YUAN X C, 2007. Mushroom structure of the lithospheric mantle and its genesis at depth: revisited[J]. Geology in China, 34(5): 737-758. (in Chinese with English abstract)
- ZENG Y, YANG M G, 1999. Central Jiangxi collision melange zone[J]. Regional Geology of China, 18(1): 17-22. (in Chinese with English abstract)
- ZHANG G W, GUO A L, WANG Y J, et al., 2013. Tectonics of South China continent and its implications[J]. Science China Earth Sciences, 56(11): 1804-1828.
- ZHANG G W, GUO A L, DONG Y P, et al., 2019. Rethinking of the Qinling orogen[J]. Journal of Geomechanics, 25(5): 746-768. (in Chinese with English abstract)
- ZHANG X H, GUO X W, YANG J Y, et al., 2010. Gravity characteristics and preliminary division of tectonic units in China and adjacent areas[J]. Geology in China, 37(4): 881-887. (in Chinese with English abstract)
- ZHANG Y J, ZHOU X H, LIAO S B, et al., 2010. Neoproterozoic crustal composition and orogenic process of the Zhanggongshan area, Anhui—Jiangxi[J]. Acta Geologica Sinica, 84(10): 1401-1427. (in Chinese with English abstract)
- ZHONG Y F, MA C Q, SHE Z B, et al., 2005. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of the Jiuling granitic complex batholith in Jiangxi province[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 30(6): 685-691. (in Chinese with English abstract)
- ZHU A Q, ZHANG Y S, LU Z D, et al., 2009. Study on metallogenetic series and metallogenetic belt of metal-nonmetal deposits in Zhejiang Province[M]. Beijing: Geology Press: 8-15. (in Chinese)
- ZHU Q B, JIN G D, ZHAO X L, et al., 2020. Petrogenesis of the late Mesozoic Lingshang ultramafic intrusion in northern Jiangxi Province: Chronologic and geochemical constraints[J]. Geology in China, 47(4): 1092-1108. (in Chinese with English abstract)

附中文参考文献

- 柏道远, 熊雄, 杨俊, 等, 2014. 雪峰造山带中段地质构造特征[J]. 中国地质, 41(2): 399-418.
- 白文吉, 甘启高, 杨经绥, 等, 1986. 江南古陆东南缘蛇绿岩完整层序剖面的发现和基本特征[J]. 岩石矿物学杂志, 5(4): 289-299.
- 陈国达. 1956. 中国地台“活化区”的实例并着重讨论“华夏古陆”问题[J]. 地质学报, (03): 239-271.
- 陈润生, 2018. 福建基础地质调查研究进展与方向[J]. 福建地质, 37(2): 83-108.
- 陈毓川, 王登红, 徐志刚, 等, 2015. 中国重要矿产和区域成矿规律[M]. 北京: 地质出版社.
- 程裕祺, 1994. 中国区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社: 327-458.
- 丁炳华, 史仁灯, 支霞臣, 等, 2008. 江南造山带存在新元古代 (~850Ma) 俯冲作用: 来自皖南 SSZ 型蛇绿岩锆石 SHRIMP-U-Pb 年龄证据[J]. 岩石矿物学杂志, 27(5): 375-388.
- 福建省地质调查研究院, 2016. 中国区域地质志·福建志[M]. 北京: 地质出版社.
- 郭令智, 施央申, 马瑞士, 等, 1980. 华南大地构造格架和地壳演化[J]. 国际交流地质学术论文集(I), 1-89.
- 高林志, 杨明桂, 丁孝忠, 等, 2008. 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, 27(10): 1744-1751.
- 高林志, 丁孝忠, 曹茜, 等, 2010. 中国晚前寒武纪年表和年代地层序列[J]. 中国地质, 37(4): 1014-1020.
- 高林志, 陆济璞, 丁孝忠, 等, 2013a. 桂北地区新元古代地层凝灰岩锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. 中国地质, 40(5): 1443-1452.
- 高林志, 丁孝忠, 刘燕学, 等, 2013b. 浙江浦江县蒙山地区陈塘坞组在地层柱中的位置: 来自 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄的制约[J]. 地质通报, 32(7): 988-995.
- 高林志, 陈建书, 戴传固, 等, 2014a. 黔东南地区梵净山群与下江群凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄[J]. 地质通报, 33(7): 949-959.
- 高林志, 张恒, 丁孝忠, 等, 2014b. 江山-绍兴断裂带构造格局的新元古代 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄证据[J]. 地质通报, 33(6): 763-775.
- 葛肖虹, 马文璞, 2014. 中国区域大地构造学教程[M]. 北京: 地质出版社: 216-385.
- 广西壮族自治区地质矿产局, 1985. 广西壮族自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社.
- 海南省地质调查院, 2017. 中国区域地质志·海南志[M]. 北京: 地质出版社.
- 湖南省地质调查院, 2017. 中国区域地质志·湖南志[M]. 北京: 地质出版社.
- 胡世玲, 邹海波, 周新民, 1992. 江南元古宙碰撞造山带的两个 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄值[J]. 科学通报, 37(3): 286-290.
- 黄长煌, 2017. 台湾玉里带变质岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质通报, 36(10): 1722-1739.
- 黄崇轲, 2004. 1: 250 万中华人民共和国地质图及说明书[M]. 西安: 中国地图出版社.
- 贾宝华, 彭和求, 唐晓珊, 等, 2004. 湘东北文家市蛇绿混杂岩带的发现及意义[J]. 现代地质, 18(2): 229-236.
- 江西省地质矿产勘查开发局, 2015. 中国矿产地质志·江西卷[M]. 北京: 地质出版社.
- 江西省地质矿产勘查开发局, 2017. 中国区域地质志·江西志[M]. 北京: 地质出版社.
- 李宝龙, 季建清, 付孝悦, 等, 2008. 滇西点苍山—哀牢山变质岩系锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J]. 岩石学报, 24(10): 2322-2330.
- 李春昱, 王荃, 刘雪亚, 等, 1982. 亚洲大地构造图说明书[M]. 中国地图出版社.
- 李江涛, 梁斌, 何文劲, 等, 2016. 藏北羌塘盆地基底的地质构造演化: 来自侏罗纪雁石坪群砂岩碎屑锆石 U-Pb 同位素年代学证据[J]. 中国地质, 43(4): 1216-1226.
- 李文昌, 潘桂堂, 侯增谦, 等, 2010. 西南“三江”多岛弧盆-碰撞造山成矿理论与勘查技术[M]. 北京: 地质出版社.
- 李献华, 周国庆, 赵建新, 1994. 赣东北蛇绿岩的离子探针锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 地球化学, 23(2): 125-131.
- 李兴振, 江新胜, 孙志明, 等, 2002. 西南三江地区碰撞造山过程[M]. 北京: 地质出版社: 1-206.
- 刘书生, 杨永飞, 郭林楠, 等, 2018. 东南亚大地构造特征与成矿作用[J]. 中国地质, 45(5): 863-889.
- 陆松年, 1998. 新元古时期 Rodinia 超大陆研究进展述评[J]. 地质论评, 44(5): 489-495.
- 陆松年, 李怀坤, 王惠初, 等, 2009. 秦-祁-昆造山带元古宙副变质岩层碎屑锆石年龄谱研究[J]. 岩石学报, 25(9): 2195-2208.
- 毛景文, 陈懋弘, 袁顺达, 等, 2011. 华南地区钦杭成矿带地质特征和矿床时空分布规律[J]. 地质学报, 85(5): 636-658.
- 莫宣学, 2009. 青藏高原新生代碰撞-后碰撞火成岩[M]. 北京: 地质出版社.
- 潘桂棠, 李兴振, 王立全, 等, 2002. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报, 21(11): 701-707.
- 潘桂棠, 肖庆辉, 尹福光, 等, 2017. 中国大地构造[M]. 北京: 地质出版社: 403-422.
- 任纪舜, 2013. 1: 1000000 国际亚洲地质图[M]. 北京: 地质出版社.
- 沙绍礼, 刘学龙, 杨文礼, 等, 2017. 滇西大理地区存在泛非期构造-热事件记录[J]. 地质通报, 36(6): 928-932.
- 施美凤, 林方成, 李兴振, 等, 2011. 东南亚中南半岛与中国西南邻区地层分区及沉积演化历史[J]. 中国地质, 38(5): 1244-1256.
- 史明魁, 熊成云, 贾德裕, 等, 1993. 湘桂粤赣地区有色金属隐伏矿床综合预测[M]. 北京: 地质出版社.
- 舒良树, 施央申, 郭令智, 1995. 江南中段板块-地体构造与碰撞造山运动学[M]. 南京: 南京大学出版社.
- 舒良树, 2012. 华南构造演化的基本特征[J]. 地质通报, 31(7): 1035-1053.
- 水涛, 徐步台, 梁如华, 等, 1988. 中国浙闽变质基底地质[M]. 北京: 科学出版社: 59-82.
- 万天丰, 2004. 中国大地构造学纲要[M]. 北京: 地质出版社.
- 万天丰, 2013. 新编亚洲大地构造区划图[J]. 中国地质, 40(5): 1351-1365.
- 王岩, 王登红, 黄凡, 2020. 中国矿产地质志·中国矿产分省图集[M]. 北京: 地质出版社.
- 吴良士, 2009. 越南社会主义共和国地质构造与区域成矿[J]. 矿床地质, 28(5): 725-726.
- 熊盛青, 杨海, 丁燕云, 等, 2018. 中国航磁大地构造单元划分[J]. 中国地质, 45(04): 658-680.
- 徐备, 郭令智, 施央申, 1992. 皖浙赣地区元古代地体和多期碰撞造山带[M]. 北京: 地质出版社: 1-112.
- 徐德明, 蒯志勇, 骆学全, 等, 2015. 钦-杭成矿带主要金属矿床成矿系列[J]. 地学前缘, 22(2): 7-24.
- 许志琴, 杨经绥, 侯增谦, 等, 2016. 青藏高原大陆动力学研究若干进展[J]. 中国地质, 43(1): 1-42.
- 杨明桂, 梅勇文, 1997. 钦-杭古板块结合带与成矿带的主要特征[J]. 华南地质与矿产(3): 52-59.
- 杨明桂, 梅勇文, 周子英, 等, 1998. 罗霄-武夷隆起及郴州上挠拗陷成矿规律及预测[M]. 北京: 地质出版社.
- 杨明桂, 黄水保, 楼法生, 等, 2009. 中国东南陆区岩石圈结构与大规模成矿作用[J]. 中国地质, 36(3): 528-543.
- 杨明桂, 祝平俊, 熊清华, 等, 2012a. 新元古代-早古生代华南裂谷系的格局及其演化[J]. 地质学报, 86(9): 1367-1375.
- 杨明桂, 吕细徐, 黄越, 等, 2012b. 台海两岸地质构造的关联问题[Z]. 江西地质新进展. 南昌: 江西科学技术出版社.
- 杨明桂, 吴富江, 宋志瑞, 等, 2015. 赣北: 华南地质之窗[J]. 地质学报, 89(2): 222-233.
- 杨明桂, 王光辉, 2020. 论华夏成矿省燕山期岩浆成矿大爆发的核幔式扩展模式与动力机制: 纪念李四光先生诞辰 130 周年[J]. 地质力学学报, 26(1): 1-12.
- 杨明桂, 余忠珍, 唐维新, 等, 2021. 华南洋-滨太平洋构造演化与成矿

- [M]. 北京: 地质出版社.
- 姚金龙, 舒良树. 2014. 华南前寒武纪地壳演化 [C]. 2014 年中国地球科学联合学术年会 (专题 49): 华南大陆构造论文集, 7.
- 于根生, 肖柯才, 1985. 赣东北古蛇绿岩带的存在及其地质构造意义的讨论 [J]. 江西地质 (1-2): 39-50.
- 袁学诚, 2007. 再论岩石圈地幔蘑菇云构造及其深部成因 [J]. 中国地质, 34(5): 737-758.
- 曾勇, 杨明桂, 1999. 赣中碰撞混杂岩带 [J]. 中国区域地质, 18(1): 17-22.
- 张国伟, 郭安林, 王岳军, 等, 2013. 中国华南大路构造与问题 [J]. 中国科学·地球科学, 43(10): 1543-1582.
- 张国伟, 郭安林, 董云鹏, 等, 2019. 关于秦岭造山带 [J]. 地质力学学报, 25(5): 746-768.
- 张训华, 郭兴伟, 杨金玉, 等, 2010. 中国及邻区重力特征与块体构造单元初划 [J]. 中国地质, 37(4): 881-887.
- 张彦杰, 周效华, 廖圣兵, 等, 2010. 皖赣鄱公山地区新元古代地壳组成及造山过程 [J]. 地质学报, 84(10): 1401-1427.
- 中国地质科学院地质研究所, 2006. 中国西部及邻区地质图 [M]. 北京: 地质出版社.
- 钟玉芳, 马昌前, 余振兵, 等, 2005. 江西九岭花岗岩类复式岩基锆石 SHRIMP U-Pb 年代学 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 30(6): 685-691.
- 朱安庆, 张永山, 陆祖达, 等, 2009. 浙江省金属非金属矿床成矿系列和成矿区带研究 [M]. 北京: 地质出版社: 8-15.
- 朱清波, 靳国栋, 赵希林, 等, 2020. 赣北晚中生代岭上超镁铁岩的岩石成因: 年代学与地球化学制约 [J]. 中国地质, 47(4): 1092-1108.

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):

可扫码直接下载文章电子版, 也有可能听到作者的
语音介绍及更多文章相关资讯

