

doi: 10.3969/j.issn.1007-3701.2014.04.002

南岭成矿带前寒武纪地层区划与岩石地层的厘定

牛志军, 杨文强, 刘浩, 宋芳

NIU Zhi-jun, YANG Wen-qiang, LIU Hao, SONG Fang

(中国地质调查局武汉地质调查中心, 中国地质调查局古生物与生命-环境协同演化重点实验室, 武汉 430205)

(Wuhan Center of Geological Survey, CGS; Key Laboratory for Paleontology and Coevolution of Life and Environment, CGS, Wuhan, 430205)

摘要: 南岭成矿带前寒武系为金、铁、锰、磷及铅锌的赋矿层位, 近年来由于高精度测年数据的应用, 建立了较为清晰的年代地层格架, 然而由于历史原因, 前寒武系岩石地层序列在湘黔桂赣粤交界地区存在同物异名现象, 不利于地质矿产图的编制, 需要重新厘定完善。本文以武陵运动构造面为界, 将南岭成矿带大地构造演化分为两个阶段, 按中元古代至青白口纪早期、青白口纪晚期至震旦纪划分出不同地层区。早期划分出两个地层区—扬子与华夏地层区, 晚期同属于华南地层区, 依据处于盆地不同位置, 再划分为六个地层分区。本文重点对湘黔桂交界地区的青白口系上部层位、赣湘桂地区南华系和震旦系进行了梳理, 初步形成前寒武纪岩石地层序列, 不再采用部分岩石地层单位, 以便于编制该地区地质矿产图。

关键词: 南岭成矿带; 青白口系; 南华系; 震旦系

中图分类号: P534.1

文献标识码: A

文章编号: 1007-3701(2014)04-308-11

Niu Z J, Yang W Q, Liu H, Song F. Precambrian stratigraphic regionalization and redefinition of some lithostratigraphic units in Nanling Metallogenic Belt. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2014, 30(4):308–318.

Abstract: Precambrian system in Nanling Metallogenic Belt is the layer of occurrence of gold, iron, manganese, phosphorus, and lead & zinc. Chronostratigraphic framework has been well-grounded redefined, based on publication of a series of high accuracy dating data. Meanwhile, synonyms, which have negative effects on geological mapping, still occur in stratigraphic sequences of Precambrian System of the area, and that should be elaborately redefined. In this paper, stratigraphic regionalization of Mesoproterozoic to early Qingbaikouan and late Qingbaikouan to Sinian in Nanling Metallogenic Belt differ on the basis of two stages of tectonic evolution, which could be divided by angular unconformity between Lengjiaxi and Banxi Groups, generated by Wuling Orogeny. Early stage is divided into Yangtze and Cathaysian stratigraphic regions; and the late into six stratigraphic sub-regions, all of which belong to South China region, according to their different locations in the depression. The paper focuses on teasing out the upper part of Qingbaikouan System in borderland of Hunan, Guizhou and Guangxi, together with Nanhua to Sinian Systems in Jiangxi, Hunan and Guangxi, abolishing some lithostratigraphic units' names, in order to develop uniform standard of lithostratigraphic sequences in convenience of geological mapping of this area.

Key Words: Qingbaikouan System; Nanhua System; Sinian System; Nanling Metallogenic Belt,

收稿日期: 2014-09-10; 修回日期: 2014-09-30.

基金项目: 中国地质调查局地质矿产调查评价项目(编号: 12120113063600, 12120114039301).

第一作者: 牛志军(1970—), 男, 研究员, 主要从事地层古生物学研究和科研管理工作, E-mail: nzhijun@qq.com.

南岭成矿带横跨黔东南、湘中南、桂北、粤北、赣南等地,是我国南方有色金属、黑色金属、稀有金属、贵金属的重要资源地和产区,是世界钨矿床分布与原生锡矿床分布最密集的地区之一,也是世界上研究燕山期大陆成矿体系和花岗岩成岩成矿理论最典型的地区之一,尽管成矿带诸多矿种与岩浆活动密切相关,然而也应该认识到成矿作用具有多来源、多阶段和多成因性,其中地层及岩相古地理也是重要的控矿因素。

南岭成矿带地层发育齐全,前寒武纪地层出露广泛,中下部为浅变质碎屑岩建造,上部为硅泥岩(夹碎屑岩)建造,是金、铁、锰、磷及铅锌等赋矿层位,空间分布跨越了扬子与华夏板块,经历了与联合古大陆和新联合古大陆形成与裂解相伴的一系列重大地质构造事件和漫长的演变历史,含有较多全区域性的含矿沉积建造,这些沉积建造在地层岩石沉积后有的经成岩作用直接形成矿层,有的虽未形成矿层,但受后期的各种地质作用可富集成矿。

1 研究简史

1.1 地层学研究概况

南岭地区前寒武系研究历史悠久,早在20世纪30~40年代地质前辈们对前寒武纪岩石地层进行了命名,至20世纪70年代湘桂黔三省区将武陵运动角度不整合面之下地层称为梵净山群(黔)、四堡群(桂)、冷家溪群(湘),不整合面之上命名为下江群(黔)、丹洲群(桂)、板溪群(湘),建立了前寒武系岩石地层序列。20世纪80年代各省区陆续出版区域地质志,全面论述了前寒武系区域地质和构造演化特征。20世纪90年代南岭各省区在统一的地层分区下,以多重地层划分为原则,对岩石地层进行了清理,清理后的岩石地层序列成为各省区域地质调查遵循的标准。自2000年以来高精度锆石测年技术应用于地层学研究,建立了南岭地区较为精确的前寒武系地层格架^[1-12],并确定820 Ma为武陵运动(晋宁运动、四堡运动)的结束时期。这些年龄值改变了冷家溪群及相当层位属中元古界的传统观点,质疑了“江南造山带”等于格林威尔造山带的认识。

全国地层委员会晚前寒武纪分会在2009年对我国晚前寒武纪年表重新进行了标定,将青白口系限定在1.0~0.78 Ga,南华系为780~635 Ma,震旦系为635~542 Ma^[12],这一划分被2012年中国地层表(试用版)采纳。本文以此为基础,将青白口系分为上下两部分,界线标志为板溪群/冷家溪群或相当层位间的角度不整合,年龄限定在820 Ma;南华系以冰期为特征采用三分方案^[13],尽管对于南华系底界及其时限存在争议^[1,2,5,13-18];震旦系划分为二统五阶,陡山沱组顶界为吊崖坡阶/灯影峡阶界线。

1.2 前寒武纪地层对比问题

最新发布的全球地质年代表和中国地层表,某些系与系之间(如Nh/Z、Z/C等)的界线被重新厘定,而且每个系内部统的数量及统与统之间的界线随着研究的深化也发生了很大变化(如南华系三分等),即使统的数目没有发生变化,但统与统之间的界线及其含义却与原来的划分有所不同。研究区前寒武系的研究与对比,一直是南岭及华南地区的难点,最新的“中国地层表”在南岭地区的应用与对比还没有完全展开,尽管近年来建立了高精度年龄值的前寒武系年代框架^[5,12]。

笔者在编制1/50万南岭成矿带地质矿产图时,发现各省区岩石地层名称虽经20世纪90年代的清理,仍存在同物异名现象而无法接图。这主要体现在两方面:一是划分为同一时代的相同岩石组合的地层,各省区使用不同的岩石地层名称,如青白口纪早期湖南冷家溪群、贵州梵净山群、广西四堡群,青白口纪晚期贵州下江群、湖南高涧群和板溪群、广西丹洲群(每个群内划分的组名称完全不同);南华纪湖南洪江组、广西黎家坡组,震旦纪湖南留茶坡组、广西老堡组等等;二是相同层位的岩石组合划分为不同时代,使用不同岩石地层名称,如粤北赣南地区震旦纪坝里组与湘南的南华纪正园岭组。

南岭地区前寒武纪地层以厚度较大的碎屑岩为主体,地层划分标志不明显,能作为划分标志的仅有南华纪冰碛层、铁矿层、锰矿层、震旦纪硅质岩层,但其是否全区具有等时性目前尚无法确定。当然,还有更为重要的是对于前寒武纪基底盆地性质与大地构造属性存在明显不同的认识,争论也更为激烈。本文重点在于讨论地层序列,大地构造属性

主要采取学术界的主流观点,对其不做过多讨论。

2 地层分区

南岭成矿带地层分区工作早在全国第一次地层会议期间初步编制,前寒武系划分为 1 个大区 2 个分区^[9],中南地区区域地层表编写小组^[20]将南岭地区划分为华南地层区 4 个分区。20 世纪 80~90 年代南岭地区各省区域地质志和岩石地层清理,对地层分区也多采用统一方案,仅湖南省地质矿产局^[21]采用了不同断代(甚至于在同一个纪内不同统间)不同地层区划的原则。地层区划主要依据是地层特征,地层特征是受诸多因素(如地壳活动、古地理、古气候及古生物演化等)影响形成的综合特征,本文对南岭成矿带前寒武纪地层区划考虑大地构造背景及盆地沉积格局。

2.1 地层区划依据

2.1.1 大地构造背景简述

当前普遍认为,南岭成矿带地域跨越扬子板块与华夏板块(或造山系),二者在新元古代(约 820 Ma)发生过会聚,然而两大块体会聚带在南岭地区通过的具体位置(是单线还是双线)、边界性质、碰撞机制和时空演化等问题,却一直存在争议^[22-31]。本文将扬子板块与华夏板块的边界定于冷家溪群分布区南侧、云开地区深成变质岩系的北侧,区内大致位于萍乡—衡阳—双牌—贵港—凭祥一线。主要考虑到前寒武纪基底类型不同,扬子板块的“扬子区”和“江南区”为“扬子型”基底,华夏板块为“华夏型”基底,两块体结合带为“过渡型”基底,上部褶皱基底与“华夏型”相同。其次,沉积建造差异,衡阳—双牌—贵港—凭祥断裂带在湖南境内控制了南华纪至寒武纪的沉积作用。王鹏鸣等^[32]、李青等^[33]及本单位钦杭项目组^[2]研究表明,华夏板块新元古代变沉积岩中 900~1350 Ma 的碎屑锆石总体上由南往北逐渐减少,而 820~860 Ma 的碎屑锆石逐渐增多。两组锆石在研究区的分界大致沿永州南—衡阳南—醴陵—萍乡展布。

青白口纪晚期直至早古生代,一般认为南岭地区大地构造格局特点仍然是“两陆夹一槽”,但“槽”是洋盆还是海盆,认识则不一致^[34-40]。本文目前采用海盆的观点,即认为在 850~820 Ma 扬子与华夏板块最终拼合,新元古代中晚期形成统一的华南大陆

板块,之后在 Rodinia 超大陆裂解的构造动力学背景下,转入伸展裂谷构造和冰期,形成浙赣湘桂为中心的南华裂谷盆地,华南裂谷两侧是分离而成的两个陆内地块,而非洋盆分隔的两个板块^[41-46]。

基于此,本文认为衡阳—双牌—贵港断裂在新元古代早期之前为扬子地层区与华夏地层区的分界线,新元古代中晚期以后则同属于华南地层区,该断裂仅作为二级地层分区的界线。

2.1.2 沉积环境简述

(1) 中元古代 南岭地区仅在赣南粤北地区零星分布此时期沉积物,具区域动力热流变质的低角闪岩相变质,原岩为砂泥质类复理石建造,属于活动大陆边缘环境。

(2) 青白口纪早期 南岭地区主要为深水的斜坡—盆地环境,沉积浊积岩及海底扇相、具复理石韵律特征的浅变质岩系,间夹火山碎屑岩或基性—超基性岩。武陵运动导致四堡群、冷家溪群沉积物变形、变质及花岗岩浆活动,从西至东上覆地层与其呈角度不整合至平行不整合,显示武陵运动的强度逐渐减弱,最后盆地完全闭合^[47]。

(3) 青白口纪晚期 以湖南益阳地区沧水铺火山活动为起点,起始年龄约为 820 Ma^[1,48]。南岭地区北侧常德、沅陵一带为滨岸相粗碎屑—浅海相沉积,而在研究区洞口、桂北一带,主要为斜坡—盆地相,具有远源(个别为近源)浊流相复理石或类复理石沉积,含有多层含金浅变质碎屑岩建造,局部地区发育含锰、铁、铅锌碎屑岩建造。向南在湘南桂阳、鹰阳关、赣州一带为深水—半深水斜坡下凹陷滞留还原环境,局部发育含铁火山沉积建造。

(4) 南华纪 在黔阳、洞口一带下统长安组厚度超过 1000 m,发育了较为完整的冰期沉积;湘西南、桂北、赣南井冈山地区发育完整的海洋型冰期、间冰期沉积,向南在湘南桂阳发育下斜坡—深海盆地相正常海沉积与寒冷气候条件下冰筏沉积的混合沉积,粤北及赣南、武夷地区则发育粗碎屑相沉积。下统上部为碎屑岩建造,在扬子地块东南缘滨浅海环境常发育铁矿层。中统以不稳定的冰碛层和细碎屑岩沉积为特征,上统湘桂盆地以海相冰川沉积为主,湘粤赣地区则为远岸浅海及次深海沉积。

(5) 震旦纪 早期湘桂地区以硅质岩夹白云岩沉积为主,桂阳和贺县等地则以粉砂岩、砂岩的深水复理石建造为特征。向东南至云开、粤东北梅州

地区,沉积物为浅海相类复理石建造;晚期南岭地区北西部以硅泥质夹钙质沉积物为主,为滞流还原环境产物,向盆地方向则有硅质岩相,东南部为浅海相陆源碎屑岩夹硅质岩层,多形成复理石韵律。蔡明海等^[49]认为硅质岩形成于大陆边缘构造环境下。该时期是锰、磷的重要成矿时期,多沉积于扬子地块东南缘被动大陆边缘及扬子陆块内部。

2.2 地层分区特征

依据大地构造演化过程,本文将南岭成矿带前寒武纪地层划分为两个阶段—中元古代至新元古代早期、新元古代中晚期,以武陵运动形成的角度不整合面为分界标志。

2.2.1 中元古代至新元古代早期

地层分布较为零星,南岭成矿带青白口纪板溪群之前以衡阳双牌贵港一线为界,分属2个地层区——扬子地层区、华夏地层区(图1A)。扬子地层区沉积冷家溪群、四堡群浅变质碎屑岩夹火山熔岩、火山碎屑岩或似层状基性—超基性岩,为板岩

砂岩建造。华夏地层区仅在赣南粤北地区发育桃溪(岩)组,原岩为中酸性火山岩建造和砂泥质类复理石建造。

2.2.2 新元古代中晚期

武陵运动之后扬子与华夏陆块拼合成一个华南板块,地层区划属华南地层区,自西而东依据所处沉积盆地不同位置划分为江南地层分区、湘中桂北地层分区、湘东桂中地层分区、赣湘桂地层分区、赣南粤北地层分区和武夷地层分区(图1B)。

(1) 江南地层分区 仅见于黔东南地区,青白口纪晚期地层以板溪群为主,研究区内未出露,南华纪以陆相冰川—陆棚海沉积为主;震旦纪下部为白云岩泥岩建造,上部为硅质岩建造。

(2) 湘中桂北地层分区 南西以东安—兴安—永福—宜州一线为界与湘南桂中地层分区相邻。青白口纪晚期出露厚度巨大的浅变质碎屑岩系;南华纪为碎屑岩—泥质岩建造的冰期沉积及间冰期沉积。震旦纪以泥质岩硅质岩建造为主。

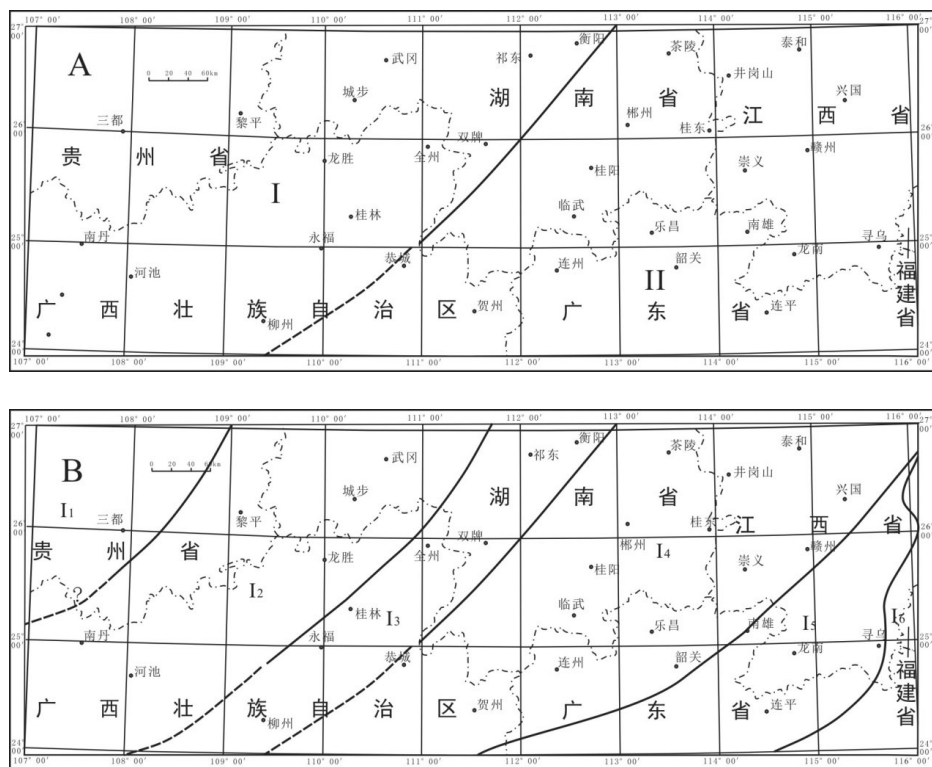


图1 南岭成矿带前寒武纪地层分区图(A. 中元古代—新元古代早期;B. 新元古代中晚期)

Fig. 1 Precambrian stratigraphic provinces in Nanling Metallogenic Belt

(A. Mesoproterozoic and early Neoproterozoic era; B. Middle and late Neoproterozoic era)

A: I—扬子地层区, II—华夏地层区; B: I₁—江南地层分区; I₂—湘中桂北地层分区; I₃—湘南桂中地层分区; I₄—赣湘桂地层分区; I₅—赣南粤北地层分区; I₆—武夷地层分区。

(3) 湘南桂中地层分区 南西以衡阳东—双牌—贵港一线为界与赣湘桂地层分区相邻。青白口纪晚期零星出露;南华纪早、中期地层仅见于北部,以板岩为主夹铁矿层,晚期为含冰碛砾石的碎屑—泥质岩建造;震旦纪以碎屑岩夹泥质岩硅质岩建造为主。

(4) 赣湘桂地层分区 南东以乐昌—连县—梧州一线为界与赣南粤北地层分区相接。青白口纪晚期湖南出露浅变质炭质泥质夹少量碳酸盐岩系,江西为浅变质火山质细碎屑岩及泥砂质复理石建造,夹少量火山岩;南华系下部主要为具冰筏沉积特征的碎屑岩及间冰期碎屑岩沉积,上部为厚度较大的粗碎屑岩沉积;震旦系主要为碎屑岩夹硅质岩沉积建造,顶底硅质岩产出稳定。

(5) 赣南粤北地层分区 南东以广昌—会昌—龙川—惠州西一线为界与武夷地层分区相接。区内无青白口纪晚期地层出露,南华系和震旦系主要为类复理石沉积建造。

(6) 武夷地层分区 指广昌—会昌—龙川—惠州一线以东的区域, 区内无青白口纪晚期地层出露。南华系和震旦系主要为碎屑岩夹少量硅质岩建造为主。

各地层分区岩石地层序列见表 1。

3 关键地区的地层重新厘定

3.1 湘黔桂交界地区青白口系

该地区的青白口系下部为四堡群、冷家溪群,因地理空间上相对分开,本文未对其清理。青白口系上部主体属湘中桂北地层分区,存在 3 个并列的岩石地层名称—高涧群(湘)、下江群(黔)和丹洲群(桂)。三省区已分别完成各自境内的青白口系划分,从对比表来看(表 2),这套浅变质碎屑岩建造具有很好的可对比性,标志层有下部的钙质岩系、黑色岩系、上部的含大量凝灰质板岩层系,锆石 SHRIMP 或 LA-ICP-MS U-Pb 年龄表明这套地层

表1 南岭成矿带前寒武系岩石地层序列对比表

Table 1 Correlation of Precambrian lithostratigraphic sequence in Nanling Metallogenic Belt

地层区				华南地层区												
地层分区				江南		湘中桂北		湘南桂中		赣湘桂			赣南粤北		武夷	
				黔东南	黔东南	湘中	桂北	湘南	桂中	湘东南	鹰扬关	茅坪	赣南	粤北	北武夷	南武夷
上覆	寒武系	滇东统	梅树村阶	牛蹄塘组	牛蹄塘组	牛蹄塘组	牛蹄塘组	香楠组	香楠组	牛角河组	牛角河组	牛角河组	牛角河组	牛角河组	外管坑组	林田组
			晋宁阶	老堡组	老堡组	老堡组	老堡组	老堡组	老虎塘组	老虎塘组	老虎塘组	老虎塘组	老虎塘组	老虎塘组		黄连组
新元古界	震旦系	上统	灯影峡阶	陡山沱组	金家洞组	金家洞组	金家洞组	金家洞组	埃歧岭组	埃歧岭组	埃歧岭组	埃歧岭组	埃歧岭组	洪山组	南岩组	
			吊崖坡阶													
		下统	陈家园子阶	九龙湾阶												
	南华系	上统	南沱组	洪江组	洪江组	洪江组	洪江组	洪江组	坝里组	坝里组	坝里组	坝里组	坝里组	丁屋岭组		
		中统	大塘坡组	大塘坡组	大塘坡组	大塘坡组	大塘坡组	天子地组	天子地组	杨家桥组	沙坝组			楼子坝组		
		下统	铁丝岭组	富禄组	富禄组	富禄组	富禄组	泗洲山组	下龙组	古家组	黄组					
	青白口系		隆里组	隆里组	清水江组	清水江组	清水江组	三街组	大江边组	鹰扬关组	上施组	上施组				
		清水江组	清水江组	清水江组	架槐田组	架槐田组	架槐田组	库里组	库里组							
		架槐田组	架槐田组	架槐田组	架槐田组	架槐田组	库里组	库里组								
		乌叶组	乌叶组	乌叶组	乌叶组		神山组	神山组								
		黄狮洞组	黄狮洞组	黄狮洞组	黄狮洞组											
石桥铺组		石桥铺组	石桥铺组	石桥铺组												
		四堡群	鱼西组	文通组	九小组	冷家溪群	小木坪组	黄泥洞组								
中元界														桃溪岩组		
				黔东南		桂北	湘南							武夷		
			扬子地层区						华夏地层区							

形成于 820 ~ 780Ma^[10, 18, 50-54], 但有部分学者认为其顶部应划在 720 Ma^[17, 55-57]。黔桂对比问题目前较为认可, 贵州省地质矿产局^[58-59]认为在贵州黎平—丛江一线为下江群与丹洲群的分界线, 北西侧为过渡相, 而南东侧为盆地相, 但是该界线进入湖南境内的对比问题还需要进一步研究。

本次工作, 对湘黔桂交界地区的青白口系上部层位进行了重新厘定, 原则有: 首先尊重历史, 二是命名优先, 三是重新分解的地层单位不再保留原名称。基于此, 本文重新厘定后的地层序列见表 2。简述如下:

广西地区的白竹组和贵州地区的甲路组为同物异名^[58], 甲路组/白竹组岩性上分为下部的碎屑岩段和上部的含钙质岩段, 湖南省地质矿产局^[47]对两段分别正式命名为石桥铺组和黄狮洞组, 本次编图不采用甲路组和白竹组。重新厘定后的石桥铺组为复成分杂砂砾岩建造, 黄狮洞组为千枚

岩碳酸盐岩建造, 为锰、铁、铜矿及多金属矿产出层位, 在湖南城步一带, 出现裂隙式喷溢性酸性—基性火山岩。

三省区分别命名的乌叶组/合桐组/砖墙湾组, 三者岩性一致, 界线划分标志相近, 本次编图保留命名较早的乌叶组。重新厘定后的乌叶组下部为砂板岩建造, 上部为灰黑色含炭质板岩建造。

贵州的番召组分为下部砂岩段和上部板岩段, 因极少含凝灰质成分而从原广义“清水江组”(湘黔桂三省区前寒武系踏勘小组 1961 年建立) 分解出来, 下段砂岩层湖南境内较为发育, 正式命名架枳田组, 在黔、桂境内局部地区发育砂岩段, 如贵州洪洲、洞村剖面^[58]、广西界口、三门地区^[61], 从区域上看, 该套砂岩层分布不稳定, 呈透镜状, 向盆地方向渐变为板岩, 厚 400 ~ 920 m。本次编图采用架枳田组。

上部层位以板岩为主, 贵州境内曾统称为清水江组, 后经数次解体厘定, 目前仅指含凝灰质的板

表2 湘黔桂交界地区青白口系上部层位划分对比表

Table 2 Correlation of lithostratigraphic sequence from Upper part of Qingbaikouan System in borderland of Hunan, Guizhou and Guangxi Province

贵州省地质矿产局 ^[59]	广西壮族自治区地质矿产局 ^[60]	湖南省地质矿产局 ^[47]	本文
上覆	长安组	长安组	长安组
隆里组(1963年建立): 一段含砾砂岩, 砂岩与板岩互层, 二段板岩夹少量砂岩, 厚1437m			隆里组
平略组(1984年建立): 绢云母板岩, 粉砂质板岩夹少量凝灰质板岩, 砂岩, 砾岩, 厚900-1437m			
清水江组(1961年建立): 凝灰质板岩, 沉凝灰岩, 绢云母板岩, 厚2000m	拱洞组(1966年建立): 绢云板岩、绢云千枚岩夹变砂岩、变粉砂岩, 部分地区下部为砂岩夹板岩或互层, 厚380-1793m	岩门寨组(1991年建立): 条带状板岩、砂质板岩、板岩、凝灰质板岩、沉凝灰岩夹钙质凝灰质砂岩, 厚380-1793m	清水江组
番召组(1963年建立): 二段: 绢云母板岩夹凝灰质板岩及少许砂岩等, 厚约400-1900m 一段: 砂岩、粉砂岩与板岩互层, 厚约400-900m	三门街组(1990年建立): 基性-超基性岩夹大理岩、千枚岩、变粉砂岩, 厚850-1705m	架枳田组(1991年建立): 变长石石英(杂)砂岩夹板岩或互层, 厚252-3650m	架枳田组
乌叶组(1963年建立): 下部硅质绢云千枚岩, 板岩为主, 上部黑色炭质千枚岩为主, 厚约500-1000m	合桐组(1966年建立): 下部绢云千枚岩夹变砂岩、变粉砂岩, 上部黑色炭质千枚岩为主夹绢云千枚岩、砂质板岩等, 厚395m	砖墙湾组(1991年建立): 灰绿色条带状板岩、灰黑色含炭质板岩夹粉砂质板岩、石英砂岩, 厚600-800m	乌叶组
甲路组(1963年建立): 二段: 钙质绢云板岩、粉砂质板岩夹大理岩透镜体, 厚1530-280m 一段: 变砂砾岩、砂岩、含砾板岩、片岩等, 厚113-795m	白竹组(1966年建立): 二段: 钙质片岩、钙质千枚岩、条带状大理岩, 厚39-410m 一段: 变质砂砾岩、砂岩、含砾砂岩、含砾绿泥石片岩等, 厚237-569m	黄狮洞组(1995年建立): 含大理岩团块的钙质板岩、大理岩、粉砂质钙质板岩, 厚170-357m 云场里组	黄狮洞组
		石桥铺组(1993年建立): 变质沉火山角砾岩、板岩夹凝灰质砂岩、粉砂岩, 可相变为石英杂砂岩、含砾砂岩夹板岩, 厚402m	石桥铺组
下伏	四堡群	冷家溪群	四堡群/冷家溪群

注: 云场里组(1995年建立): 仅分布于湖南城步一带, 为变流纹岩、变中酸性火山熔岩、变拉斑玄武岩、透闪石绿泥岩钠长石夹大理岩、钙质岩屑杂砂岩、炭质板岩, 厚823m

岩层位^[58,59],本文建议在 1961 年命名的清水江组基础上,划分出上部的隆里组^[58],即以板岩为主的地层都归属清水江组,相当于贵州省地质矿产局^[59]划分的番召组上段、清水江组、平略组之和,本次编图不使用平略组(黔)、拱洞组(桂)和岩门寨组(湘)。重新厘定后的清水江组以具复理石韵律的板岩层为特征,在中部出现较多的凝灰质成分,沉积厚度具西厚东薄的特点,黔东南最厚可达 4000 m,广西拱洞厚 1793 m,湖南城步厚 440 m。

顶部的隆里组仍按贵州地质矿产局^[59]的方案,划分为下部砂岩段和上部板岩段,其在湖南、广西境内是相变还是缺失目前还不能确定,湖南 1/25 万永州幅区调^③、1/25 万怀化幅区调^④在岩门寨组上部划分出百合垅组和牛牯坪组,大致界线为湖南靖州至洪江托口一线北西侧展布,这两个组属北部的板溪群上部层位^[47],是否与隆里组相当尚需进一步对比。

贵州地质矿产局^[59]提到隆里组“也有人认为属震旦纪,与黔桂边界的长安组下部、湘西地区的江口组下部对比”。贵州地区隆里组与上覆南华系为整合接触,而湖南境内为平行不整合接触,广西境内以往多认为平行不整合接触,最近的 1/5 万水口幅区调认为属整合接触^⑤,以火山碎屑岩作为一个划分标志来看,湖南的“岩门寨组”与狭义的“清水江组”层位相当,这似乎表明在湖南境内存在沉积间断。关于湘黔桂交界地区南华系与青白口系界线处岩石地层、接触关系及沉积相变化尚需进一步研究。

需要说明的是,戴传固等^[62]认为桂北三门街组流纹英安岩、晶屑凝灰岩与黔东南清水江组凝灰质组

分具有相似性,为清水江组大量凝灰质组分的来源提供了物质基础和依据,认为二者层位相当,这种通过特殊地质事件对比的思路,值得借鉴。

3.2 赣湘桂粤交界地区南华系及震旦系

赣湘桂粤交界地区属赣湘桂地层分区和赣南粤北地层分区,经 20 世纪 90 年代的岩石地层清理后,各省区南华系至震旦系划分方案见表 3。

该地区南华系中下统出露较少,上统分布广泛,为近基陆源浊积岩建造,湖南境内原称为正园岭组^[65],江西和广东境内称坝里组^[63-64],本文重新厘定为坝里组。坝里组在江西^[17,63,66]、广东^[64]目前都归属震旦纪,本文鉴于其整合于大沙江组之上,而后者产出层位相当于湖南的古城组与大塘坡组或洪江组^[65],则坝里组产出层位大体相当于南沱组或洪江组,在华南上覆地层均为含硅质岩层位,划分标志明显,现暂归于南华纪晚期,地质时代与区域对比尚需进一步研究。

其次是老虎塘组的含义变化,该组系江西区测队 1964 年建立,江西省地质矿产局^[63]重新定义,层型剖面以硅质岩为主夹含炭绢云千枚岩,厚 127 m,但其区域分布上,则含义有所扩大,本文仅以其层型剖面为基础,将其限定于以硅质岩为主的层位,不使用湖南境内的丁腰河组^[65]。按照重新厘定的含义,广东境内原老虎塘组^[64],本文将顶部硅质岩层归属新厘定的老虎塘组,中下部称为埃歧岭组,后者底界以硅质岩出现作为划分标志^[65],伍皓等^[66]获得埃歧岭组底部变泥铁质砂岩碎屑锆石 U-Pb LA-ICP-MS 年龄 $<634 \pm 7$ Ma,属震旦纪早期。与之相当的层位在广西境内原称为培地组^[60],1/25 万贺

表3 赣湘桂粤地区南华系及震旦系划分对比表

Table 3 Correlation of Nanhuan and Sinian System in borderland of Jiangxi, Hunan, Guangxi and Guangdong

赣南 ^[63]			桂东 ^[60]		粤北 ^[64]		湘东南 ^[47]		本文			
震旦系	上统	老虎塘组	上统	培地组	上统	老虎塘组	上统	丁腰河组	震旦系	上统	老虎塘组	
		坝里组		下龙组		坝里组		埃歧岭组		下统	埃歧岭组	
	下统	沙坝黄组	下统	黎家坡组	下统	活道组	下统	正园岭组	南华系	上统	坝里组	
						鹰扬关组		天子地组		中统	天子地组	沙坝黄组
						长安组		泗洲山组		下统	泗洲山组	

注:桂东及粤北地区原震旦系下龙组与鹰扬关组现属青白口纪,黎家坡组与长安组在该地区不再使用。

州幅区调报告将正层型剖面底部不夹硅质岩部分划入南华系^⑥,本文重新厘定贺州大宁县炭冲-培地-螺石口剖面^[60]第1层为坝里组,2-6层为埃歧岭组,7层为老虎塘组,不使用培地组。

粤北地区南华系分布零星,广东省地质矿产局称活道组^[61],1/25万韶关幅区调报告称大绀山组^⑦。本文认为其岩性组合与大绀山组命名剖面有差异,而与赣南地区相近,重新厘定为沙坝黄组和坝里组。

4 其它几个需要说明的问题

4.1 桃溪岩组和寻乌岩组

赣南粤北地区桃溪岩组,下部为黑云斜长(二长)变粒岩、二长浅粒岩,偶夹片岩、透辉变粒岩;上部为浅灰色、灰色(砂线、石榴)云母(石英)片岩、石英岩夹变粒岩、角闪片岩。新编江西省区域地质志依据最新获得的桃溪岩组^[68-69]和寻乌岩组^[70]碎屑锆石 U-Pb 年龄,将其暂定为晚南华世-震旦纪^⑧。鉴于未获得桃溪岩组/寻乌岩组直接的年代学证据和复杂的构造因素,本文仍按江西省地质矿产局^[61]的方案归属中元古代。

4.2 鹰阳关组与下龙组

粤桂交界鹰阳关地区属赣湘桂地层分区,下部火山岩层位现称鹰阳关组,为铁矿赋存层位。火山岩层位原划分为震旦纪早期^[60,64],现据周汉文等^[71]年龄资料归属青白口纪晚期,上部岩性以石英绢云板岩为主夹磁铁矿层、碳酸盐岩等,最早称鹰阳关群3~4段^[60,64],1/5万里松、大宁幅区调报告^⑨及1/25万贺州幅区调报告称青白口纪拱洞组,广西壮族自治区地质矿产勘查开发局^⑩编制1/50万广西数字地质图时,将该套地层划为青白口纪下龙组,本文沿用下龙组,尽管该组含义几经变化。另外,鹰阳关地区南华系天子地组与下伏青白口系呈角度不整合接触,在接触面上普遍有铁锰质古风化壳^[72],这是江南地层分区以南唯一一处报道角度不整合接触地区。

4.3 神山组、库里组和上施组

赣南地区青白口纪晚期地层主要为浅变质火山质细碎屑岩及泥砂质复理石建造,夹少量火山岩,自下而上划分为神山组、库里组和上施组^[63],岩性组合分别与湘桂黔交界地区的乌叶组、清水江组(广义)和隆里组相近,地质时代大体相当。杨明桂

等^[17,40]认为上施组与莲沱组、板溪群上部层位、高洞群上部层位相当,将其划为南华纪早期,本文仍采取江西省地质矿产局^[61]的方案,地质时代属青白口纪晚期。

4.4 黎家坡组、陡山沱组、留茶坡组

湘黔桂交界地区属湘中桂北地层分区,南华系上统洪江组为砾质、砂质泥岩夹砾质岩屑砂岩及板岩等。黔桂地区原称黎家坡组^[59,60],二者岩性相近,层位相当,本次编图不采用。

湘桂地区震旦系下部为含磷页岩硅质岩建造偶夹碳酸盐岩,湖南境内称金家洞组,黔东南、桂北地区原称陡山沱组^[59,60],但与典型的陡山沱组相差较大,而与金家洞组岩性一致,本文不使用该地区的陡山沱组。震旦系上部为硅质岩建造,桂北地区称老堡组,湘西南地区称留茶坡组,本次编图不使用命名较晚的留茶坡组。

5 结论与讨论

(1)依据大地构造阶段,南岭成矿带新元古代青白口纪早、晚期应划分出不同地层区划,早期划分为两个不同的地层区—扬子与华夏地层区,而晚期则属于同一个地层区—华南地层区,依据其处于盆地不同位置再划分为六个地层分区。

(2)湘黔桂地区青白口系、湘赣粤桂交界地区南华系和震旦系岩石地层序列的厘定与对比是本文的重点。以往未能统一,首先是历史的原因,其次是该区自西向东同期地层确实存在一个岩性组合总体变化过程,在纵向与横向上变化也具有相似性,这是笔者认为上述地区前寒武系应该有统一的岩石地层序列的依据。基于此,本文进行了初步整理,废弃部分岩石地层单位。

(3)本文将坝里组置于南华系,主要是通过地层序列的岩石组合特征作为划分依据的,缺少年代学资料支持。南岭地区前寒武系主体以碎屑岩为主,划分标志不明显,震旦纪顶部硅质岩层是个很好的对比标志,但是否具等时性,还需今后的工作中进一步研究。

(4)本文的重新对比厘定,是为了更好地编制南岭成矿带地质矿产图,厘定依据首先考虑的仍是岩性对比,这显然不是很完善。该地区前寒武系还需深入研究,以求精确对比。

注释:

- ①湖南省地质调查院. 新编湖南区域地质志 (送审稿)[R]. 2013.
- ②中国地质调查局武汉地质调查中心. 钦杭成矿带(西段)基础地质综合研究报告[R]. 2013.
- ③湖南省地质调查院. 1/25万永州幅区域地质调查报告[R]. 2013.
- ④湖南省地质调查院. 1/25万怀化幅区域地质调查报告[R]. 2013.
- ⑤广西壮族自治区区域地质调查院. 1/5万水口等4幅区域地质调查报告(野外验收稿)[R]. 2012.
- ⑥广西壮族自治区区域地质调查院. 1/25万贺州幅区域地质调查报告[R]. 2005.
- ⑦广东省佛山地质局. 1/25万韶关幅区域地质调查报告[R]. 2009.
- ⑧江西省地质调查研究院. 新编江西省区域地质志(送审稿)[R]. 2013.
- ⑨广西壮族自治区区域地质调查院. 1/5万里松、大宁幅区域地质调查报告[R]. 2005.
- ⑩广西壮族自治区地质矿产勘查开发局. 广西壮族自治区数字地质图2006年版说明书(1/50万)[R]. 2006.

参考文献:

- [1] 王剑, 李献华, Duan T Z, 刘敦一, 宋彪, 李忠雄, 高永华. 沧水铺火山岩锆石SHRIMP U-Pb年龄及“南华系”底界新证据[J]. 科学通报, 2003, 48(16): 1726-1731.
- [2] 尹崇玉, 刘敦一, 高林志, 王自强, 邢裕盛, 简平, 石玉若. 南华系底界与古城冰期的年龄: SHRIMP定年证据[J]. 科学通报, 2003, 48(16): 1721-1725.
- [3] 尹崇玉, 王砚耕, 唐烽, 万渝生, 王自强, 高林志, 邢裕盛, 刘鹏举. 贵州松桃南华系大塘坡组凝灰岩锆石SHRIMP U-Pb年龄[J]. 地质学报, 2006, 80(2): 273-278.
- [4] Wang X L, Zhao G C, Qi J S, Zhang W L, Liu G L. LA-ICP-MS U-Pb zircon geochronology of the Neoproterozoic igneous rocks from Northern Guangxi, South China: implications for petrogenesis and tectonic evolution[J]. Precambrian Research, 2006, 145: 111-130.
- [5] 高林志, 丁孝忠, 曹茜, 张传恒. 中国晚前寒武纪年表和年代地层序列[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 1014-1019.
- [6] 高林志, 陈峻, 丁孝忠, 刘耀荣, 张传恒, 张恒, 刘燕学. 湘东北岳阳地区冷家溪群和板溪群凝灰岩SHRIMP锆石年龄—对武陵运动的制约[J]. 地质通报, 2011, 30(7): 1001-1008.
- [7] 高林志, 戴传固, 刘燕学, 王敏, 王雪华, 陈建书, 丁孝中,

- 张传恒, 曹茜, 刘建辉. 黔东南—桂北地区四堡群凝灰岩锆石SHRIMP U-Pb年龄及其地层学意义[J]. 地质通报, 2010, 29(9): 1259-1267.
- [8] 孙海清, 黄建中, 郭乐群, 陈俊. 湖南冷家溪群划分及同位素年龄约束[J]. 华南地质与矿产, 2012, 28(1): 20-26.
- [9] Wang W, Zhou M F. Sedimentary records of the Yangtze Block (South China) and their correlation with equivalent Neoproterozoic sequence on adjacent continent[J]. Sedimentary Geology, 2012, 265: 126-142.
- [10] 孟庆秀, 张健, 耿秀珍, 张传林, 黄文成. 湘中地区冷家溪群和板溪群锆石U-Pb和Hf同位素特征及对华南新元古代构造演化的意义[J]. 中国地质, 2013, 40(1): 191-216.
- [11] 王敏, 戴传固, 王雪华, 陈建书, 马会珍, 彭成龙, 杨凯迪. 贵州梵净山群沉积时代—来自原位锆石U-Pb测年证据[J]. 岩石矿物学杂志, 2014, 31(6): 843-857.
- [12] 高林志, 丁孝忠, 庞维华, 张传恒. 中国—新元古代地层年表的修正——锆石U-Pb年龄对年代地层的制约[J]. 地层学杂志, 2011, 35(1): 1-7.
- [13] 尹崇玉, 高林志. 中国南华系的范畴、时限及地层划分[J]. 地层学杂志, 2013, 37(4): 534-541.
- [14] 王剑. 华南“南华系”研究新进展—论南华系地层划分与对比[J]. 地质通报, 2005, 24(6): 491-495.
- [15] 林树基, 卢定彪, 肖加飞, 熊小辉, 李艳桃. 贵州南华纪冰期地层的主要特征[J]. 地层学杂志, 2013, 37(4): 542-557.
- [16] 杨明桂, 刘亚光, 黄志忠, 吴福江, 宋志瑞. 江西中新元古代地层的划分及其与邻区对比[J]. 中国地质, 2012, 39(1): 43-53.
- [17] 汪正江, 许效松, 杜秋定, 杨菲, 邓奇, 伍皓, 周小琳. 南华冰期的底界讨论: 来自沉积学与同位素年代学证据[J]. 地球科学进展, 2013, 28(4): 477-489.
- [18] 孙海清, 黄建中, 江新胜, 罗来, 马慧英, 伍皓. 扬子东南缘“南华纪”盆地演化—来自新元古代花岗岩的年龄约束[J]. 中国地质, 2013, 40(6): 1725-1735.
- [19] 全国地层委员会. 全国地层会议学术报告汇编—中国的前寒武系[M]. 北京: 科学出版社. 1962, 1-80.
- [20] 中南地区区域地层表编写小组. 中南地区区域地层表[M]. 北京: 地质出版社. 1974.
- [21] 湖南省地质矿产局. 湖南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社. 1988.
- [22] 水涛. 中国东南大陆基底构造格局[J]. 中国科学(B辑), 1987, 4: 414-422.
- [23] 郭令智, 施央申, 马瑞士, 叶尚夫, 卢华复. 中国东南部地体构造的研究[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1984, 20(4): 732-737.

- [24] 杨明桂,梅勇文.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,1997,(3):52-59.
- [25] 杨明桂,黄水保,楼法生,唐维新,毛素斌.中国东南陆区岩石圈结构与大规模成矿作用[J].中国地质,2009,36(3):528-543.
- [26] 饶家荣,肖海云,刘耀荣,柏道远,邓延林.扬子、华夏古板块会聚带在湖南的位置[J].地球物理学报,2012,55(2):484-502.
- [27] 周金城,王孝磊,邱检生,高剑锋.桂北中-新元古代镁铁质-超镁铁质岩的岩石地球化学[J].岩石学报,2003,19(1):9-18.
- [28] Li Z X, Li X H, Kinny P D, Wang J, Zhang S, Zhou H. 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, 2003, 122: 85-109.
- [29] 李献华,李正祥,葛文春,周汉文,李武显,刘颖.华南新元古代花岗岩的锆石U-Pb年龄及其构造意义[J].矿物岩石地球化学通报,2001,20(4):271-273.
- [30] 柏道远,贾宝华,钟响,贾鹏远,刘耀荣,马铁球.雪峰造山带新元古代构造演化框架[J].沉积与特提斯地质,2011,31(3):78-87.
- [31] 徐德明,蔺志永,龙文国,张鲲,王磊,周岱,黄皓.钦杭成矿带的研究历史和现状[J].华南地质与矿产,2012,28(4):277-289.
- [32] 王鹏鸣,于津海,孙涛,时毓,陈培荣,赵葵东,陈卫峰,刘潜.湘桂震旦-寒武纪沉积岩组成的变化—对华南构造演化的指示[J].中国科学:地球科学,2013,43(11):1893-1906.
- [33] 李青,段瑞春,凌文黎,胡明安,张军波,杨振.桂东早古生代地层碎屑锆石U-Pb同位素年代学及其对华夏陆块加里东期构造事件性质的约束[J].地球科学-中国地质大学学报,2009,34(1):189-202.
- [34] 刘宝珺,许效松,潘杏南,黄慧琼,徐强.中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M].北京:科学出版社.1993.
- [35] 陈旭,戎嘉余,Rowley D B,张进,詹仁斌.对华南早古生代板溪群的质疑[J].地质论评,1995,41(5):389-398.
- [36] 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.中国大地构造单元划分[J].中国地质,2009,36(1):1-28.
- [37] 许效松,刘伟,门玉澎,张海全.对新元古代湘桂海盆及邻区构造属性的探讨[J].地质学报,2012,86(12):1890-1904.
- [38] 舒良树.华南前泥盆纪构造演化:从华夏地块到加里东造山带[J].高校地质学报,2006,12(4):418-431.
- [39] Li Z X, Li X H, Wartho J A, Clark Clark, Li W X, Zhang C L, Bao C M. Magmatic and metamorphic events during the early Paleozoic Wuyi-Yunkai orogeny, southeastern South China: new age constraints and pressure-temperature conditions[J]. Geological Society of America Bulletin, 2010, 122: 772-793.
- [40] 杨明桂,祝平俊,熊清华,毛素斌.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,2012,86(9):1367-1375.
- [41] Wang Y J, Zhang F F, Fan W M, Zhang G W, Chen S Y, Cawood P A, Zhang A M. Tectonic setting of the South China Block in the early Paleozoic: Resolving intracontinental and ocean closure models from detrital zircon U-Pb geochronology[J]. Tectonics, 2010, 29: TC6020, 1-16.
- [42] Shu L S, Faure M, Yu J H, Jahn B M. Geochronological and geochemical features of the Cathaysia block (South China): new evidence for the Neoproterozoic breakup of Rodinia[J]. Precambrian Research, 2011, 187: 263-276.
- [43] 舒良树.华南构造演化的基本特征[J].地质通报,2012,31(7):1035-1053.
- [44] 张国伟,郭安林,王岳军,李三忠,董云鹏,刘少峰,何登发,程顺有,鲁如魁,姚安平.中国华南大陆构造与问题[J].中国科学:地球科学,2013,43(10):1553-1582.
- [45] 柏道远,周亮,王先辉,张晓阳,马铁球.湘东南南华系—寒武系砂岩地球化学特征及对华南新元古代—早古生代构造背景的制约[J].地质学报,2007,81(6):755-771.
- [46] 陈旭,张元动,樊隽轩,唐兰,孙海清.广西运动的进程:来自生物相和岩相带的证据[J].中国科学:地球科学,2012,42(11):617-1626.
- [47] 湖南省地质矿产局.湖南省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996.
- [48] 高林志,刘燕学,丁孝忠,张传恒,王自强,陈俊,刘耀荣.江南古陆中段沧水铺群锆石U-Pb年龄和构造演化意义[J].中国地质,2012,39(1):12-20.
- [49] 蔡明海,刘国庆.桂东寒武纪培地组硅质岩成因与金的富集[J].华南地质与矿产,2000,(1):29-33.
- [50] 高林志,陈建书,戴传固,丁孝忠,王雪华,刘燕学,王敏,张恒.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,2014,33(7):949-959.
- [51] 高林志,陆济璞,丁孝忠,王汉荣,刘燕学,李江.桂北地区新元古代地层凝灰岩锆石U-Pb年龄及其地质意义[J].中国地质,2013,40(5):1443-1452.
- [52] 马慧英,孙海清,黄建中,马铁球.湘中地区高洞群凝灰岩LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄及其地质意义[J].矿产勘查,2013,4(1):69-74.
- [53] Zhou J B, Li X H, Ge W C, Li Z X. Age and origin of middle

- Neoproterozoic mafic magmatism in southern Yangtze Block and relevance to the break-up of Rodinia [J]. *Gondwana Research*, 2007, (12): 184–197.
- [54] 刘伟, 刘耀荣, 张晓阳, 陈必河, 倪艳军, 钟响, 贺春平. 湖南城步地区1/5万区调主要成果与进展[J]. 华南地质与矿产, 2011, 27 (4): 307–313.
- [55] 汪正江, 江新胜, 杜秋定, 邓奇, 杨菲, 伍皓, 周小琳. 湘黔桂邻区板溪期与南华冰期之间的沉积转换及其地层学涵义[J]. 沉积学报, 2013, 31 (3): 385–395.
- [56] 杨菲, 汪正江, 王剑, 杜秋定, 邓奇, 伍皓, 周小琳. 华南西部新元古代中期沉积盆地性质及其动力学分析——来自桂北丹洲群的沉积学制约[J]. 地质论评, 2012, 58 (5): 854–864.
- [57] 张启锐. 关于南华系底界年龄780Ma数值的讨论[J]. 地层学杂志, 2014, 38 (3): 336–339.
- [58] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [59] 贵州省地质矿产局. 贵州省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- [60] 广西壮族自治区地质矿产局. 广西岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- [61] 广西壮族自治区地质矿产局. 广西壮族自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [62] 戴传固, 王敏, 陈建书, 王雪华, 卢定彪, 彭成龙. 黔桂交界龙胜地区玄武岩-流纹英安岩组合特征及其地质意义[J]. 地质通报, 2012, 21 (9): 1379–1386.
- [63] 江西省地质矿产局. 江西省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- [64] 广东省地质矿产局. 广东省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- [65] 唐晓珊, 黄建中, 张纯臣. 华南地体北缘(湖南部分)前寒武纪地层[J]. 中国区域地质, 1994, (4): 303–310.
- [66] 凌联海, 楼法生, 刘春根, 吴新华. 江西省震旦纪岩石地层划分与对比[J]. 地质调查与研究, 2003, 26 (2): 89–94.
- [67] 伍皓, 江新胜, 王剑, 汪正江, 杜秋定, 邓奇, 崔晓庄, 杨菲. 湘东南新元古界大江边组和埃岐岭组的形成时代和物源——来自碎屑锆石U-Pb年代学的证据[J]. 地质论评, 2013, 59 (5): 853–868.
- [68] Yu J H, Zhou X M, O'Reilly Y S, Zhao L, Griffin W L, Wang R C, Wang L J, Chen X M. Formation history and protolith characteristics of granulite facies metamorphic rock in Central Cathaysia deduced from U-Pb and Lu-Hf isotopic studies of single zircon grains [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2005, 50 (18): 2080–2089.
- [69] 张爱梅, 王岳军, 范蔚茗, 张菲菲, 张玉芝. 福建武平地区桃溪群混合岩U-Pb定年及其Hf同位素组成: 对桃溪群时代及郁南运动的约束[J]. 大地构造与成矿学, 2011, 35 (1): 64–74.
- [70] Yu J H, O'Reilly Y S, Wang L J, Griffin W L, Zhou M F, Zhang M, Shu L S. Components and episodic growth of Precambrian crust in the Cathaysia Block, South China: Evidence from U-Pb ages and Hf isotopes of zircons in Neoproterozoic sediments [J]. *Precambrian Research*, 2010, 181: 97–114.
- [71] 周汉文, 李献华, 王汉荣, 李江, 李惠民. 广西鹰扬关群基性火山岩的锆石U-Pb年龄及其地质意义[J]. 地质论评, 2002, 48 (增): 22–25.
- [72] 徐志贤, 李锦诚, 黄勇. 论鹰扬关地区天子地组与拱洞组角度不整合界面特征及地质意义 [A]//华南青年地学学术研讨会论文集[C]. 2006: 157–160.