

doi: 10.12029/gc20160315

陈建书, 戴传固, 彭成龙, 等. 湘黔桂相邻区新元古代 820~635 Ma 时期裂谷盆地充填序列与地层格架[J]. 中国地质, 2016, 43(3): 899–920.

Chen Jianshu, Dai Chuangu, Peng Chenglong, et al. The filling sequence and stratigraphic framework of rift basin during the Neoproterozoic 820–635 Ma in Hunan, Guizhou and Guangxi[J]. Geology in China, 2016, 43(3): 899–920(in Chinese with English abstract).

湘黔桂相邻区新元古代 820~635 Ma 时期裂谷盆地充填序列与地层格架

陈建书 戴传固 彭成龙 王 敏 卢定彪 王雪华 骆 珊

(贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550005)

摘要:湘黔桂相邻区发育一套序列完整、界面清楚的武陵造山运动不整合面之上至震旦纪(820~635 Ma)时期的裂谷盆地沉积地层。通过详细的区域岩石地层划分与对比,结合年代学研究成果,显示其时空展布格局完整,充填序列连续,划分标志清楚,完全可以划分对比。在此基础上建立了其地层格架,为扬子古大陆周缘新元古代 820~635 Ma 时期地层划分对比研究提供了详实的资料,亦为中国前寒武系新元古代地层划分对比及国际新元古代研究提供了新的资料成果。

关键词:地层划分对比;充填序列;地层格架;新元古代;湘黔桂邻区

中图分类号:P535;P534.3 文献标识码:A 文章编号:1000-3657(2016)03-0899-22

The filling sequence and stratigraphic framework of rift basin during the Neoproterozoic 820–635 Ma in Hunan, Guizhou and Guangxi

CHEN Jian-shu, DAI Chuan-gu, PENG Cheng-long, WANG Min,
LU Ding-biao, WANG Xue-hua, LUO Shan

(Geological Survey of Guizhou Province, Guiyang 550005, Guizhou, China)

Abstract: A set of Neoproterozoic (820–635 Ma) sedimentary strata are developed in Hunan, Guizhou and Guangxi, which occur above the Wuling Movement and below the Zhendan System, serving as the formation of rift basin with the well developed succession and clear sedimentary boundary. The stratigraphic system, according to the stratigraphical division and correlation of the regional rock and strata in combination with the recent results of chronology, shows a completed distribution and evolution, successive strata, and a clear division mark; it therefore can be completely divided and contrasted. On the basis of the stratigraphic division and correlation, the authors formulated a stratigraphic framework, which presents a set of detailed and accurate data for studying the stratigraphic division and correlation of the Neoproterozoic (820–635 Ma) sedimentary strata in the Yangtze

收稿日期:2015-09-30;修回日期:2016-03-16

基金项目:中国地质调查局基础地质综合研究项目(1212011120108, 1212011121106)资助。

作者简介:陈建书,男,1967年生,高级工程师,长期从事区域地质调查及研究工作;E-mail:chenjianshu@yeah.net。

Paleocontinent, and also offers the new resultant data for studying the Precambrian including the Neoproterozoic in China.

Key words: stratigraphic division and correlation; filling sequence; stratigraphic framework; Neoproterozoic; Hunan, Guizhou and Guangxi

About the first author: CHEN Jian-shu, male, born in 1967, senior engineer, long engages in regional geological survey; E-mail: chenjianshu@yeah.net.

Fund support: Co-sponsored by the Basic Geological Comprehensive Research Project of China Geological Survey, including “the Series Map Compilations and Comprehensive Research on the Geology of Guizhou” (No. 1212011120108) and “the Study of Tectonic Evolution of the Paleocontinent and Sedimentary Facies Palaeogeography of Precambrian in Fanjing Mountain Region of North Guizhou and Motianling Region of South Guizhou” (No. 1212011121106).

在华南扬子陆块和华夏陆块之间产出有一呈带状分布的元古宙浅变质的沉积夹火山碎屑地层及相伴产出的基性—超基性、酸性岩浆岩系列,即“江南复合造山带”^[1],是中国出露最连续、面积最大的新元古代浅变质岩浆—沉积岩系分布区。包括桂北四堡群与丹洲群、黔东梵净山群与下江群,湖南冷家溪群与板溪群,赣北双桥山群与落可崇组、马涧桥组,皖南溪口群和沥口群、浙西北双溪坞群和河上镇群等。鉴于这一前寒武纪地层分布带在华南及中国地质构造上具有特殊的意义,因而引起了地质界的极大关注。如何认识以及解释这一构造带以及其在中国南方的构造发展演化中的作用,近百年来,中外地质学家对这一地区相关的地质问题进行了广泛的研究,发表了大量相关研究成果。相关专著及文献依据侵入不整合面下的花岗岩年龄将四堡(武陵)造山运动不整合界面的年龄限定在1000 Ma,不整合界面下伏四堡群及相当地层限定在大于1000 Ma,属中元古界长城系—蓟县系,上覆青白口系的年龄为1000~800 Ma^[2-4]。

为进一步还原该时期地质发展与演化历程,近年来中国地质调查局部署了系列的研究工作,取得了较多新的重大认识及进展。具代表性的高精度同位素锆石 SHRIMP—U/Pb 定年成果显示,新元古青白口系在华北与原含义不符,青白口系层型剖面解体^[5];扬子东南缘“江南造山带”前寒武纪地层中广泛而重大的武陵造山运动不整合界面时限限定在约820 Ma,不整合界面之下原中元古代梵净山群、冷家溪群、四堡群、双桥山群及相当地层年龄集中在870~820 Ma^[6-22],属青白口系中期,不整合界面上覆板溪群、下江群、丹州群地层的年龄限定在820~720 Ma^[8,13,17,19-43],属青白口系中晚期。南华系年龄限定在720~635 Ma Ma^[17,23,39,44-50]。但中国地层

表(2011—2014)将武陵造山运动界面之下的梵净山群及相当地层(870~820 Ma)与武陵造山运动界面之上,南华系之下的下江群及相当地层(820~780(720) Ma)一并划归为青白口系,湘、黔、桂三省(区)目前对板溪群、下江群、高涧群、丹州群地层的划分对比亦未统一,给生产、科研与交流带来不便与困惑(表1)。

大量的区域地质调查及科研资料成果显示,在扬子东南缘的湘黔桂相邻区,发育一套地层序列齐全、界面清楚、充填序列连续、格架完整的武陵造山运动不整合面之上,至震旦系之下的前震旦纪(820~635 Ma)以碎屑岩为主夹基性—超基性、中酸性侵入岩及火山岩岩石建造组合,为研究该时期相关基础地质问题提供了理想的场所。

湘黔桂相邻区前震旦纪研究历史悠久,早在1936年王晓青^[51]将湖南前寒武系地层称板溪系,经1938年、1940年两次修改^[52-53],将板溪系上部的含砾板岩称“洪江系”,其下仍称板溪系。1936年,王曰伦^[54-55]在黔桂交界的下江一带将贵州前寒武系冰碛砾岩之下的地层称“下江系”。1959年第一次全国地层会议文集中用“板溪群”一名取代了“板溪系”^[56],并用以代表华南前震旦纪变质基底岩系(现冷家溪群与板溪群及相当地层),被华南各省广泛引用。1962年湘黔桂三省(区)前寒武系踏勘组厘定“板溪群”只限于武陵运动不整合面之上含砾岩系下的地层^[57-58],并以湘黔大断裂为界,以北划归红板溪群,以南划归黑板溪群。集成1:20万区调成果,20世纪80年代中期杨彦钧^[59]将湘北石门杨家坪武陵运动不整合面之上,南华系东山峰组冰成泥砾岩之下的一套浅变质粗碎屑岩系称泥市群。稍后湖南省地矿局区调队(1986)将怀化—黔阳—溆浦、洞口—隆回一带位于武陵运动不整合面之上,南华系

表 1 中国前寒武纪中新元古界年代地层划分方案

Table 1 Chronostratigraphic division of Mesoproterozoic and Neoproterozoic in Precambrian in China

年龄Ma	国际地层表		中国地层表										本文			
	2014年		2015年		震旦系		上统		南方(2011)		南方(2014)		灯影组		震旦系	
	埃迪卡拉系	埃迪卡拉系	埃迪卡拉系	埃迪卡拉系	震旦系	震旦系	上统	上统	南方(2011)	南方(2011)	南方(2014)	南方(2014)	灯影组	灯影组	震旦系	震旦系
500																
600																
700																
800																
900																
1000																
1100																
1200																
1300																
1400																
1500																
1600																

长滩组冰成杂砾岩之下的一套浅变质火山岩—钙泥质碎屑岩系称芙蓉溪群^[60],将双峰—衡阳一带的相对应的该套浅变质钙泥质碎屑岩系命名为高涧群,并分别将后三群与黔北板溪群、黔东下江群、黔东南—桂北的丹洲群对比,时代属新元古代青白口系。同时期贵州地矿局区调队王砚耕等^[61]将产于梵净山地区该套以红色为主的浅变质岩系称板溪群,产于雷山—从江一带的灰色砂质变质岩系称下江群,将从江—黎平以南东的灰色泥质细屑变质岩与广西一致,称丹洲群。鉴于区域沉积建造差异,1985年广西地矿局将“板溪群”废弃,重新启用丹州群^[4]。湘黔桂三省(区)将武陵运动不整合面下

伏地层划归中元古代长城—蓟县系,并各自命名为冷家溪群、梵净山群及四堡群,故此湘黔桂三省(区)划分对比业已统一。

许靖华^[62]在研究华南大地构造时提出“板溪蛇绿混杂岩”后,刘鸿允^[63-64]、李日俊等^[65]、唐晓珊等^[66-69]、张晓阳等^[70]、王剑^[71-72]、王正江^[73]、许效松等^[74]相继对板溪群及相当层的地层序列、岩石建造特征、划分对比、大地构造环境等等进行了系统深入的研究。否定了板溪群系蛇绿混杂岩的认识,认为板溪群及相当时期的泥市群、下江(芙蓉溪)群、丹州(高涧)群为有成层有序、划分对比标志清楚的正常浅变质沉积地层,极大提高了板溪群及相当层的研究

程度。

在1997年出版的三省(区)《岩石地层》中,湖南地矿局将新晃—怀化—溆浦—双峰—衡阳一线以南地区的该套地层弃用芙蓉溪群,称高涧群,以北统称板溪群^[75]。贵州地矿局将松桃—梵净山一线以北划归板溪群,将从江—黎平一线以南划归丹州群,其间为下江群^[76]。广西地矿局将龙胜三门一带产出合桐组与拱洞组之间的一套层状基性—超基性火山岩夹含炭质千枚岩、千枚岩及变质砂岩,启用为三门街组^[77]。可见湖南划分的高涧群包含贵州划分的下江群及丹州群,然高涧群划分的石桥铺组、黄狮洞组、砖墙湾组、架视田组、岩门寨组的命名剖面均位处下江群自然向湖南境内延伸展布的怀化、隆回及黔阳一带。通过区域资料对比研究,笔者认为湖南省地矿局区调队(1986)的划分是合适的,芙蓉溪群是下江群的区域自然延伸。芷江鱼溪口剖面出露有与梵净山、从江—桂北一带的武陵运动不整合之上的该时期底砾岩及其上覆沉积建造,为分析研究与划分对比提供了天然物质记录。芷江一带该时期下部具板溪群紫红色为主的建造,中上部则具下江群黑色—灰色建造,明显反映为下江群与板溪群的过渡区色彩。

自南华系确立以来,大部分专家学者均以发育不全的三峡剖面为基础进行研究与划分对比,故出现了划分的古城组对比于湘黔桂相邻区的长安组。随相关工作资料成果的涌现与交流研讨,目前湘、黔、桂三省(区)划分对比已统一,古城组对比于富禄组的一部分。但溁水河组、莲沱组的划分对比仍未取得统一意见。对产出于该区张家湾组之上的溁水河组,湖南省区域地质志(1982)^[2]、刘鸿允等^[63]、尹崇玉等^[39]对比于莲沱组,属板溪群;林树基^[78]、黄建中等^[79]《湖南省岩石地层》^[75]、冯连均等^[80]、张启锐等^[81]、彭学军等^[82]及1:25万张家界幅区调报告(2009),对比于富禄组。随后张启锐等^[83-85]、卢定彪等^[85]、林树基等^[86]对南华系进行了较为系统的研究,极大推动了湘黔桂相邻区南华系研究程度,建立了地层序列,为确立候选层型剖面提供了详细资料成果。根据区域地质调查资料成果,在贵阳—芷江—怀化一线以北因雪峰运动,缺失白土地组、隆里组,渐次缺失平略组、清水江组,在秀山—酉阳—

带张家坝组亦保留不全,红子溪组中上部相变为石英砂岩夹板岩建造,张家湾组沉积时限应对比于乌叶组。故本文赞同将溁水河组划分对比于富禄组,属该时期河湖—滨岸相沉积建造,莲沱组亦然。

本文通过对湘黔桂相邻区前震旦系地层详细的区域岩石地层划分与对比、时空展布研究,结合年代学研究成果,反映出处于裂谷盆地不同相位区的泥市群、板溪(芙蓉溪)群、下江群、丹州(高涧)群及南华系,地层沉积物质记录清楚,充填序列及地层格架完整,完全可以划分对比。该认识为华南乃至中国新元古界820~635 Ma地层划分对比提供了详实的资料成果。对还原该时期盆地演化、岩相古地理特征及成矿资源响应、约束中国及国际新元古代地层研究具重大的理论与现实意义。

1 区域地质概况

研究区位于江南复合造山带西南缘^[1](图1-b),新元古代湘黔桂次级裂谷盆地^[71],西邻同时期的康滇裂谷、北临扬子北缘—南秦岭裂谷,北东与江南裂谷相邻(图1-a),发育武陵造山运动后裂谷盆地完整而连续的开启、充填序列,其岩石层序连续完整、相带展布清楚,由北西向南东分别称为泥市群、板溪群、下江群与丹州群及南华冰期不同相带岩石建造(表2)。出露最老地层为武陵造山运动不整合界面下的新元古代四堡群、梵净山群及冷家溪群,展布于梵净山、从江—桂北及湘西杨家坪、古丈、益阳、芷江等区域,岩石建造为浅变质的砂岩、板岩及少部分千枚岩、片岩及产出于其中的基性—超基性岩、枕状玄武岩及酸性花岗岩,显示出弧后盆地沉积建造特征。年龄普遍在870~820 Ma,划归新元古代青白口系中期。下江(板溪、丹州)群地层为浅变质的陆源碎屑岩、陆源火山碎屑岩夹钙质岩、含碳质岩及产出其中的基性—超基性岩、枕状玄武岩、花岗斑岩。年龄在820~720 Ma,现划归青白口系中晚期。南华系长安时期的冰水重力流沉积组合仅分布在三都—天柱—怀化—溆浦—双峰以南地区,在榕江—锦屏—会同一线以南与下江(丹州)群连续沉积;富禄间冰期时期沉积在榕江—黎平以南地区与长安组为整合接触,向北西渐次超覆缺失中下部沉积,南沱冰期沉积覆盖研究区。

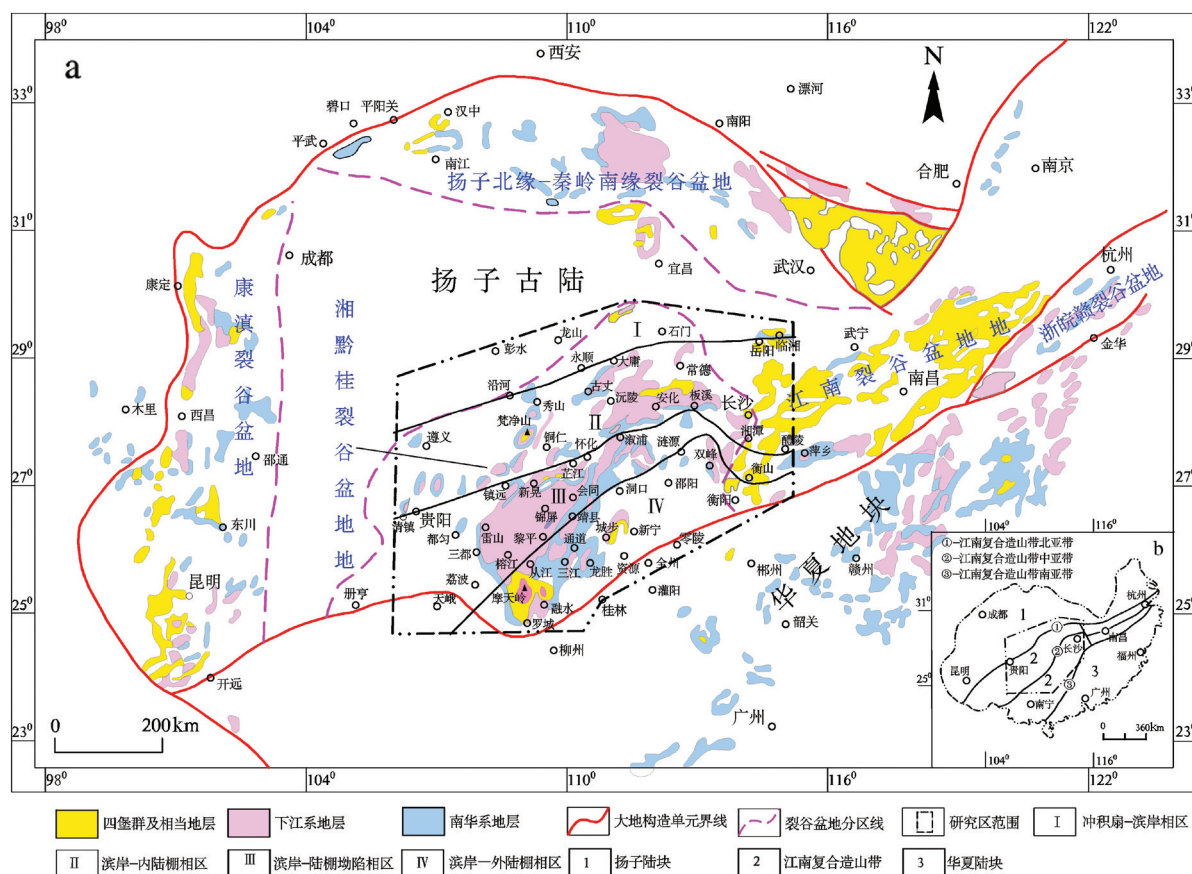


图1 研究区前寒武系地层露头分布及下江系分区略图(a—据王剑资料^[1]修编,b—戴传固资料^[1])

Fig.1 Sketch map showing the distribution of Precambrian outcrop and regionalization of Xiajiang system in the study area

2 下江(820~720Ma)时期地层充填序列及划分对比

研究区820~720 Ma岩石地层建造特征,反映为由武陵造山后海侵退积河流—冲积扇砂砾岩—滨岸潮坪相砂岩、板岩—混积陆棚相钙质板岩、千枚岩、粉砂岩—外陆棚相炭质板岩—海退进积内陆棚相砂泥岩—滨岸潮坪相砂岩、板岩构成一完整的裂谷盆地充填沉积旋回。对该地层层序完整、出露连续、顶底界面清楚的沉积建造组合,笔者建议重新启用确立为王曰伦先生^[53]20世纪30年代在黔东南从江县下江一带创名“下江系”(表1,表3,另文发表)。

2.1 岩石地层分区及特征

根据湘黔桂相邻区已有资料成果,结合区域典型剖面研究,按岩石建造组合特征及沉积环境差异划分为4个区(图1-a),即泥市群、板溪群、下江(芙蓉溪)群与丹州(高洞)群地层分区。其显著差异是

板溪群岩石粒度粗、颜色以红色夹灰绿色的砂岩、板岩建造为主,下江群以粒度较粗,在中部发育大量火山碎屑凝灰物质及滑塌滑移等沉积构造的砂岩、板岩、凝灰岩为特征,丹州群则为粒度较细,颜色较深的粉砂岩、板岩为特色。其中在三门街一带发育双峰式火山岩。

2.1.1 I 区(泥市群)

零星分布于大庸—石门—临湘一线以北的石门杨家坪、临湘青山、浏阳永和等地,为冲积平原—滨岸相红色砂泥岩沉积,地层单元划分为张家湾组。该区缺失下江时期早期及晚期沉积。以石门杨家坪及临湘陆城剖面为代表。

2.1.2 II 区(板溪群)

分布于遵义—沿河—大庸—石门—临湘一线以南至贵阳—镇远—怀化—溆浦—板溪—醴陵一线以北地区,保留不全,由南东向北西渐次缺失中—晚期沉积。岩石建造为紫红色、灰绿色含砾砂岩

2.1.4 IV区(丹州群、高洞群)

分布于从江—黎平—靖州—洞口—涟源—衡山一线以南地区,为一套深灰色含砾砂岩—砂岩—板岩—千枚岩—钙质千枚岩—粉砂质板岩—黑色炭质板岩—板岩—长石岩屑砂岩建造组合。广西将岩石地层单元划分为白竹组、合桐组、三门街组、拱洞组,以白竹、合桐剖面为代表。贵州划分为归眼组、甲路组、新寨组、乌叶组、拱洞组,以从江甲路及高文剖面为代表。湖南划分为石桥铺组、黄狮洞组、砖墙湾组、架枳田组及岩门寨组,以隆回石桥铺剖面、黔阳黄狮洞剖面、砖墙湾剖面、芙蓉溪架枳田及怀化岩门寨剖面为代表。根据湘黔桂三省区区域资料及划分对比,结合典型剖面研究,本文以归眼组、新寨组、乌叶组、三门街组、拱洞组统一该区河流—滨岸—内陆棚—外陆棚—内陆棚—滨岸建造岩石地层单元的划分对比。

2.2 岩石地层充填序列及划分对比

2.2.1 归眼组

系武陵造山运动后的海侵砾岩、含砾砂岩(底砾岩)、砂岩、泥岩组合,角度不整合于梵净山群、冷家溪群及四堡群之上,为研究区岩石地层划分对比的标志层。发育平行层理及交错层理,划分对比于白竹组一段、横路冲、石桥铺组及芙蓉坝组。岩石建造在黔东桂北交界区域底部为变质砾岩、砂岩及板岩;在梵净山一带为变质砾岩、含砾砂岩;在永顺、沅陵等地则为紫红色变质石英砂岩与杂色板岩互层;在桃江一带为白色含砾石英杂砂岩板岩互层;在益阳一带为灰绿色含砾中—细粒岩屑杂砂岩、粉砂岩、泥砾岩夹板岩。厚度由南东向北西渐次减薄。在从江地虎一带夹基性火山岩,同时侵入有重熔花岗斑岩;在益阳沧水铺宝林冲、隆回石桥铺一带下部为变质安山集块岩、火山角砾。该建造在区域上变化极大,反映武陵隆造山后古地貌的显著差异。该建造在岩性上可划分对比,但沉积时限上从江—桂北一带早于湘西北—梵净山一带,建造组合反映海侵首先由裂谷盆地开启的从江—桂北一带发生,随后渐次向北西侵漫,滨岸后移。

2.2.2 甲路组

划分对比于马底驿组下部、黄狮洞组及白竹组二段。岩石建造为钙质板岩、含钙质板岩夹大理岩透镜或条带。在南东部的黔桂交界区域为深灰色钙质千枚岩、板岩夹条纹—条带状白色大理岩;至

台江、芷江一带为紫红—灰色条带状、透镜状大理岩、钙质板岩、板岩;至梵净山东侧为紫红色、灰白色钙质板岩、条带状、透镜状大理岩、板岩,西侧为白色透镜状白云大理岩。区域上均夹沉凝灰岩夹层,由南东向北西厚度减薄,钙质含量增多,泥质含量减少,颜色渐次变为紫红色。该建造组合为研究区岩石地层划分对比的重要标志层,广泛分布于研究区,其顶部为一等时的地层界面。反映武陵造山运动形成的古地貌差异在该时期已基本趋于一致。从江—桂北一带反映为泥钙质混积陆棚环境,芷江及台江一带反映为钙泥质、泥钙质混积陆棚沉积,梵净山一带则反应为钙泥质混积潮坪环境。

2.2.3 新寨组

划分对比于红子溪组下部、马底驿组上部、砖墙湾组下部、合桐组下部。岩石建造为粉砂质板岩、变余粉砂岩、砂岩夹石英砂岩及沉凝灰岩,发育条纹—条带状水平层理,含侵染状黄铁矿晶粒,在台江一带主要为粉砂质石英砂岩,反映为内陆棚环境沉积。

2.2.4 乌叶组

划分对比于红子溪组上部、张家湾组、通塔湾组、砖墙湾组中上部、合桐组上部及三门街组。在台江—芷江—溆浦—板溪一线以南其碳质板岩为划分对比标志层,以发育细密的水平纹层及较多黄铁矿晶粒为特征。在台江—芷江—溆浦—板溪一线以北炭质渐次消失,至梵净山—古丈一带相变为红子溪组紫红—灰绿色粉砂质板岩、板岩夹细砂岩,发育条纹—条带状水平层理。在秀山中溪一带相变为石英砂岩夹板岩,在石门杨家坪一带为紫红色含砾长石石英砂岩、含铁泥质石英粉砂岩与条带状板岩,在龙胜三门街一带夹基性—超基性岩、枕状熔岩、晶屑凝灰岩。为裂谷盆地最大海泛时期滞留还原外陆棚—氧化还原内陆棚—滨岸—冲积平原沉积建造。在裂陷盆地中心尚发育水下火山喷发沉积建造。含黄铁矿的碳质板岩为还原滞留外陆棚的物质记录,紫红—灰绿色板岩为氧化—还原内陆棚环境的表现,秀山一带的石英砂岩为滨岸建造的体现。杨家坪的张家湾组紫红色含砾石英砂岩,系该裂谷盆地最大海泛时期冲积平原—滨岸环境建造的反映,故张家湾组亦具底砾岩性质,但地层划分对比于乌叶组。

2.2.5 番召组

保留于秀山—古丈一线以南区域,划分对比于张家坝组、五强溪组、架枳田组下部、拱洞组底部,岩石建造为粉砂质板岩、长石石英砂岩夹沉凝灰岩。其底部含砾长石石英砂岩为一区域标志,贯穿梵净山以南地区,顶部以大套板岩出现为划分标志,发育正粒序递变层理、平行层理及楔状交错层理。在梵净山西侧张家坝—古丈以北的秀山及芷江一带区域为灰绿色、紫红色中粗粒含砾长石石英砂岩、长石岩屑砂岩夹板岩;在梵净山东侧—古丈一带区域为灰绿色、紫红色粉砂质板岩、粉砂岩夹长石石英砂岩;在贵阳—芷江、从江—黎平一线间区域为中细粒灰绿色长石石英砂岩夹板岩;在从江—黎平一线以南东区域为灰绿色细粒长石石英砂岩夹板岩。反映为盆地萎缩转换时期海退滨岸进积建造特征。

2.2.6 再瓦组

保留于秀山—古丈一线以南区域,划分对比于张家坝组上部、多益塘组、架枳田组中部、拱洞组下部。在梵净山西侧为紫红色、灰白色长石石英砂岩、石英砂岩;在梵净山东侧及芷江一带为灰色中层状条带状板岩与条带状凝灰质板岩互层夹凝灰质粉—细砂岩;在台江—芷江、从江—黎平—靖县一线间为粉砂岩、粉砂质板岩,发育变形层理及滑塌滑移构造;在从江—黎平—靖县一线以南为粉砂质板岩夹粉砂岩。反映为滨岸—陆棚斜坡建造特征。

2.2.7 清水江组

保留出露于梵净山—沅陵一线以南区域,划分对比于鹅家坳组、百合垅组、岩门寨组下部、拱洞组中部。岩石建造为长石石英砂岩、沉凝灰岩、凝灰岩、粉—细砂岩、粉砂质板岩。在贵阳—芷江以北为岩屑长石砂岩、粉砂岩夹沉凝灰岩、板岩,在清镇铁厂下部含炭质,显示滨岸—潮坪环境特征;贵阳—芷江、黎平—从江一线间为沉凝灰岩、凝灰岩、砂岩、粉砂质板岩,沉积厚度巨大,火山凝灰物质发育,发育正粒序递变层理、平行层理、交错层理或块状(无纹层)层理、波痕及变形层理与滑塌滑移构造;在从江—黎平一线以南东少见火山凝灰质物质,以板岩夹粉砂岩为主,发育水平纹层。显示出陆棚拗陷强烈的岩浆构造事件沉积建造特征。

2.2.8 平略组

残留保存于台江—芷江一线以南地区,划分对比于牛牯坪组、岩门寨组中部、拱洞组中部。岩性为板岩、粉砂质板岩夹砂岩。发育细密水平纹层,为相对安静环境下产物,中部为粉砂岩、粉砂质板岩夹板岩。在三江—通道以东至龙胜—资源一带,沉积物粒度渐次变粗、砂质增多而泥质减少,长石及岩屑增多而石英减少^[4,77],表现为陆棚—滨岸沉积环境。

比于牛牯坪组、岩门寨组中部、拱洞组中部。岩性为板岩、粉砂质板岩夹砂岩。发育细密水平纹层,为相对安静环境下产物,中部为粉砂岩、粉砂质板岩夹板岩。在三江—通道以东至龙胜—资源一带,沉积物粒度渐次变粗、砂质增多而泥质减少,长石及岩屑增多而石英减少^[4,77],表现为陆棚—滨岸沉积环境。

2.2.9 隆理组

残留保存于会同—天柱一线以南地区,划分对比于岩门寨组上部、拱洞组上部。会同—天柱一线至黎平—从江一线间岩性为长石岩屑砂岩夹板岩,在锦屏一带夹砾岩、含砾石英砂岩,在从江—黎平以南主要为粉砂质板岩、板岩,发育平行层理及交错层理。在三江—通道以东至龙胜—资源一带,沉积物粒度渐次变粗、砂质增多而泥质减少,长石及岩屑增多而石英减少^[4,77],反映为滨岸环境沉积。

2.2.10 白土地组

分布于天柱—榕江以南地区,划分对比于岩门寨组上部、拱洞组上部,岩性为粉砂质板岩、板岩夹粉砂岩,发育细纹状水平层理,常见顺层分布的绿泥石斑点,顶部为不等粒变质石英长石砂岩(与南华系长安组划分标志层,厚60~100 m,原划归长安组一段),该套不等粒石英长石砂岩在下江群与丹州群分布区普遍存在。区域资料反映该时期盆地沉积仅局限于榕江—天柱—洪江及罗城—龙胜一线间区域,显示为盆地萎缩关闭潮坪环境建造特征。

3 南华系地层充填序列及划分对比

受全球寒冷气候及雪峰运动影响,研究区北西及南东侧差异抬升,南华系表现为在继承板溪晚期沉积格局基础上的滨岸—陆棚—滨岸—陆棚—陆相的冰期—间冰期—冰期沉积。区域地质资料反映,在三都—雷山—新晃—会同—溆浦—高洞一线以南地区出露完整,以北渐次缺失长安组及富禄组中下部沉积,张家湾组上覆的漂水河组应属富禄组时期的上部沉积。在板溪期裂谷盆地已填平基础上,长安冰期开启了又一次的伸展裂陷盆地演化历程。在新晃贡溪—天柱正王一带厚100~200 m,在龙胜勒黄一带厚220 m,在融安—三江一带厚约2100 m。亦显示为北西缓南东陡的不对称裂谷盆地,在贵阳—芷江以北及罗城—龙胜以南东为古陆。

3.1 长安冰期

仅划分为长安组,分布于三都—雷山—新晃—会同—溆浦—高洞一线以南地区,岩性为长石岩屑砂岩、含砾板岩、砾岩。湘黔桂三省区较一致划分为长安组,但仍有部分学者对比于三峡及湘西北地区的古城组。大量的区调资料反映的空间展布与岩相古地理格局显示,长安组仅分布发育于三都—雷山—怀化—溆浦—涟源一线以南地区,古城组为富禄间冰期的沉积,对比于梵净山一带原划分的铁丝坳组与两界河组,属富禄组时期的中上部沉积。

在榕江—新晃及罗城—龙胜一带,为含砾长石岩屑砂岩、石英砂岩、长石石英砂岩。反映为冰水滨岸沉积特征,以新晃贡溪、榕江巴鲁及龙胜勒黄、全州茶园头剖面为代表;靖州—黎平—从江一带区域岩性主要为块状变质冰碛含砾板岩、砂岩、含砾砂岩,下部夹较多粉砂质板岩与绢云母板岩。含砾板岩砾石均悬浮于基质之中,分布比较均匀,总观无层理,局部由砾石的大小变化而显粒序,以从江黎家坡、黎平肇兴及通道长安堡剖面为代表。在融水、罗城及环江一带,中下部夹较多的长石石英砂岩。在龙胜、资源一带,含砾的砂泥岩渐次减少,长石砂岩、泥质砂岩、钙质砂岩增多,在资源车田一带,以长石石英砂岩为主。在融安—三江一带厚约2100 m,在新邵龙山一带厚度达2500 m。向南东及北西渐次变薄尖灭缺失,在北西部的新晃贡溪一带厚约70 m,南东部的龙胜勒黄一带厚220 m,至全州茶园头一带厚仅125 m。从江—黎平一带与下伏白土地组整合接触,在榕江、天柱、剑河一带与下伏平略组或隆里组、白土地组平行不整合。

3.2 富禄间冰期

广泛分布于研究区,三都—剑河—天柱—新晃—溆浦—高洞一线以北缺失中下部沉积。划分为富禄组与大塘坡组。对峡东地区的莲沱组及湘北溆水河组,大多数学者划分对比于下江(板溪)群晚期沉积。大量的区调资料反映,其下伏的下江(板溪)群时期的张家坝组在梵净山以北渐次缺失、鹅家坳组在贵阳—怀化一线以北渐次缺失上部沉积,在梵净山以北完全缺失是一不争的事实,在秀山中溪一带,红子溪组为石英砂岩。故溆水河组系富禄组中上部地层向北西超覆退积的沉积物质记录。1:25万张家界市幅区调亦将溆水河组称为富禄组。

3.2.1 富禄组

包括溆水河组、古城组、两界河组、铁丝坳组及黔中一带的铁厂组、马路坪组。在三都—剑河—天柱—新晃—溆浦—高洞一线以北区域为长石砂岩、含砾长石石英砂岩、泥岩。

在黔中一带为紫红色含砾长石石英砂岩、泥岩,以往曾划分为铁厂组、马路坪组,为河湖环境沉积。下伏与鹅家坳组、上覆南沱组平行不整合接触,以清镇铁厂及开阳金钟马路坪剖面为代表。贵州将其划分为澄江组,鉴于江新胜等新近资料,在滇东与川西南澄江组中获得约800 Ma年龄^[87]反映澄江组属板溪群晚期陆相沉积,为避免混乱与突出实际,本文认为启用原始命名的铁厂组与马路坪组为宜,划分对比于富禄组中上部沉积。

在松桃一带为砾质白云岩、杂砂岩、含砾砂岩,曾划分为两界河组及铁丝坳组,其中铁丝坳组顶部发育砾质泥岩与杂砂岩(以往称小冰),反映为潮坪—潟湖环境沉积。下伏与张家坝组、鹅家坳组平行不整合、或微角度不整合接触,以松桃两界河剖面为代表。

在瓮安及龙胜一带为中粒石英砂岩为主,具平行层理及低角度斜层理。砂岩结构成熟度和成分成熟度均较高,反映为滨岸环境沉积。在瓮安一带与下伏鹅家坳组、上覆南沱组平行不整合接触,以瓮安朵丁及龙胜马提—冲头剖面为代表。

在石门杨家坪及其周边地区,为紫灰、灰白色石英砾岩、含砾砂岩、长石石英砂岩夹泥岩(溆水河组)及含砾泥岩、含砾砂岩(古城组),反映为河口湾—潮坪环境沉积,以杨家坪剖面为代表。

在三都—剑河—天柱—新晃—溆浦—高洞一线以南区域,发育完整,与下伏长安组、上覆南沱组(黎家坡组)整合接触。岩性为灰绿色厚层块状变质细—中粒岩屑石英砂岩、长石石英砂岩、岩屑长石砂岩、含砾砂岩,夹粉砂质绢云板岩及不稳定的无层次(冰碛)含砾板岩、白云岩等。在黎平肇兴、从江黎家坡及通道等地,底部有紫红色条纹—条带状水平层理的含铁质板岩。反映为潮坪滨岸—陆棚浅滩环境沉积,以黎平肇庆、通道长安堡及从江黎家坡剖面为代表。

3.2.2 大塘坡组

广泛出露于研究区,仅黔中一带未见沉积。岩

性主要为粉砂质板岩、板岩、炭质板岩夹锰质碳酸盐岩,为区域上锰矿产出层位。在黔东北松桃—湘西花垣及渝东南秀山一带产出厚度大,下部为黑色炭质板岩(黏土岩),时或夹菱锰矿、含锰灰岩及薄层硅质岩,厚10~25 m,上部为粉砂质黏土岩、黏土岩,厚200~550 m,反映为潮坪潟湖环境沉积,以锰矿集中产出为特点,为著名的湘黔渝锰三角产出区。在剑河桂平及天柱八阳一带,上部为含砾岩屑长石石英砂岩、含砾石英砂岩,发育大型鱼骨状交错层理,厚约300 m,反映为滨外砂坝环境沉积,以往曾与上覆的南沱组一并称为桂平组。在黎平肇兴、榕江巴鲁、从江黎家坡、三江富禄等地岩性为黑色炭质板岩,偶夹含锰灰岩及硅质岩,厚度<10 m,反映为陆棚环境沉积。在台江张家庄、剑河南明八卦河、岑巩小铺沟、石阡窖上、从江归勇等地则完全缺失,南沱组或黎家坡组直接叠覆在富禄组之上,可能是上覆地层与其之间有沉积间断、古剥蚀差异或层间滑脱所致。

3.3 南沱冰期

广泛分布与研究区,根据沉积环境及建造差异,划分为南沱组及黎家坡(洪江组)。

3.3.1 南沱组

在都匀—黄平—印江—大庸—石门一线以(北)西,岩性为紫红夹灰绿色冰碛砾岩、粉砂岩及紫红、灰紫色块状冰碛含砾泥岩,反映为山麓冲洪积和冰湖环境沉积,即南沱组分布产出区,以遵义松林、余庆小腮、松桃杨立掌剖面为代表。在都匀—黄平—印江—大庸—石门一线以南东至三都—剑河—怀化—溆浦—涟源一线北西及融安—永福一线南东,岩性为灰绿色,局部夹灰紫色块状变余冰碛砾岩、冰碛泥砂质砾岩、变余砾泥质不等粒砂岩,变余含砾泥质砂岩,及少量含砾砂质板岩。反映为反映为海陆交互滨岸—三角洲冰泥石流夹正常水流环境沉积。以台江五河、松柏洞及龙胜坳上剖面为代表。

3.3.2 黎家坡组

在三都—剑河—怀化—溆浦—涟源一线南东至融安—永福一线北西,岩性为灰色厚层块状绢云变质含砾长石岩屑砂岩、含砾不等粒泥质砂岩—粉砂岩、含砾砂质绢云母板岩。反映为陆棚冰筏环境沉积,贵州称为黎家坡组,湖南称为洪江组。以从江

黎家坡、通道东溪及长安堡剖面为代表。

4 年代地层及划分对比

近年来研究区内前寒武系年代地层研究取得丰硕成果(表4),为地层划分对比及格架建立提供了依据。代表性的有湖南冷家溪群地层年龄862~822 Ma,贵州梵净山群地层年龄872~840 Ma,武陵不整合界面之上底砾岩中,在芙蓉坝一带发育白云母花岗岩砾石,从江归眼组底砾岩中见二长花岗岩砾石,三防一带白竹组底砾岩中见花岗闪长岩砾石,侵入于梵净山群中的白云母花岗岩年龄835~838 Ma。侵入于四堡群中花岗闪长岩年龄819~837 Ma,二长花岗岩年龄823~826 Ma,黔桂交界区四堡群上部地层年龄876~842 Ma。

武陵不整合界面之上的下江时期下部甲路组地层年龄在黔桂交界从江地区为816 Ma,湘西芷江及梵净山甲路组为814 Ma,在湘东北陆城张家湾组为802 Ma。结合江南复合造山带北东缘资料,目前可以限定武陵不整合界面下伏的四堡群及相当地层沉积时限大于820 Ma,即武陵不整合界面时限大致约820 Ma。

下江时期桂北合桐(乌叶组)组年龄800 Ma,拱洞组下部年龄787 Ma,拱洞组顶部^[48](距长安组含砾砂岩底部25 m与60 m)年龄716 Ma。黔东番召组年龄801 Ma,清水江组年龄在785~774 Ma,平略组年龄758 Ma,隆里组年龄733 Ma;渝东南秀山红子溪组(张家坝组)顶部年龄792 Ma;湘西五强溪组年龄809 Ma,多益塘年龄792 Ma,牛牯坪组725 Ma。下江时期年龄已较系统集中在820~720 Ma。

南华冰期黔东北大塘坡组底部年龄为667(663、654) Ma,南沱组顶界年龄635 Ma^[50],结合下伏地层年龄资料,南华系年龄集中在720~635 Ma。

上述资料反映,归眼组、白竹组一段、横路冲(石桥铺组)及芙蓉坝组系裂谷盆地开启由南东向北西渐次超覆退积的移地河流—滨岸环境沉积,时限在820~816 Ma,桂北黔东交界一带沉积时限早于梵净山地区。甲路组、马底驿组下部、黄狮洞组及白竹组二段钙质岩系顶部为一自然等时界面,年龄在815 Ma。最大海泛时期沉积的乌叶组由碳质板岩向北西的芷江—梵净山一带渐变为灰绿—紫红色板岩,系不同环境物质记录的表现,泥市群的

表4 研究区前寒武系主要测年数据汇总

Table 4 A Summary of available Precambrian age data in the study area

取样地点及对象	分析方法	年龄值/Ma	资料来源	层位
贵州梵净山, 砂岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	872±3	[6]	梵净山群
贵州梵净山, 玄武岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	822±15	[6]	梵净山群回香坪组
贵州梵净山, 辉绿岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	831±6	[6]	侵入梵净山群回香坪组
贵州梵净山, 辉长岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	827±24	[6]	梵净山群回香坪组
贵州梵净山, 白云母花岗岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	838.5±1.5	[7]	侵入梵净山群余家沟组
贵州梵净山, 白云母花岗岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	835±5	[8]	侵入梵净山群余家沟组
贵州梵净山, 山凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	851.3±4.0	[9]	梵净山群余家沟组
贵州梵净山, 凝灰质粉砂岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	849±3.4	[9]	梵净山群余家沟组
贵州梵净山, 凝灰质粉砂岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	845.4±2.4	[9]	梵净山群余家沟组
贵州梵净山, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	832.0±8.5	[9]	梵净山群铜厂组
贵州梵净山, 安山质火山岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	840±11	[10]	梵净山群回香坪组
贵州梵净山, 玄武岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	840±5	[11]	梵净山群尚香坪组
贵州从江南加, 花岗岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	826.8±5.9	[12]	侵入四堡群尧等组
贵州从江尧等, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	841.7±5.9	[12]	四堡群尧等组
贵州从江, 花岗岩	锆石 ID-TIMS	825±2.4	[13]	侵入四堡群
贵州从江刚边, 花岗岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	823±12	[14]	侵入四堡群
桂北, 砂岩-片岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	867.7±3.7	[15]	四堡群
桂北寨溪, 花岗岩闪长岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	835.8±2.5	[16]	侵入四堡群
桂北本洞, 花岗岩闪长岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	822.7±3.8	[16]	侵入四堡群
桂北铜马, 花岗岩闪长岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	824±13	[16]	侵入四堡群
桂北三防, 花岗岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	804.3±5.2	[16]	侵入四堡群
桂北三防, 花岗岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	794.2±8.1	[16]	侵入四堡群
桂北罗城四堡, 凝灰质岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	842±13	[17]	四堡群
桂北罗城四堡, 花岗岩闪长岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	837±3	[17]	侵入四堡群
桂北罗城四堡, 花岗岩闪长岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	836.0±8.6	[17]	侵入四堡群
桂北罗城四堡, 花岗岩闪长岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	834±4	[17]	侵入四堡群
桂北本洞, 花岗岩闪长岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	819±9	[18]	侵入四堡群
桂北三防, 花岗岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	826±10	[18]	侵入四堡群
桂北元宝山, 花岗岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	824±4	[18]	侵入四堡群
湖南湘东北, 砂质板岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	862±11	[15]	冷家溪群
湖南沅陵马底驿, 板岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	862±2	[19]	冷家溪群
湖南沅陵马底驿, 碎屑岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	825±4	[19]	冷家溪群
湖南临湘, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	822±10	[20]	冷家溪群雷神庙组
湖南石门杨家坪, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	845±12	[21]	冷家溪群小木坪组
湖南平江, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	862±11	[21]	冷家溪群易家桥组
湖南临湘, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	829±12	[21]	冷家溪群雷神庙组
湖南城步, 火山碎屑岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	828±10	[22]	冷家溪群云里场组
湖南芷江, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	813.5±9.6	[8]	板溪群马底驿组底部
贵州从江地虎, 基性火山岩	锆石 ID-TIMS	815.8±4.9	[13]	丹州群归眼组
贵州从江宰便加榜, 辉绿岩	锆石 ID-TIMS	788.4±2.6	[13]	丹州群归眼组
桂北罗城四堡, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	801±3	[17]	丹州群合桐组
龙桂北胜三门街, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	786.8±5.6	[17]	丹州群拱洞组
湖南沅陵马底驿, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	820±3	[19]	板溪群底部
湖南沅陵马底驿, 碎屑岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	797±3	[19]	板溪群
湖南临湘, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	802.6±7.6	[20]	泥市群张家湾组
湖南石门杨家坪, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	790±15	[21]	板溪群多益塘组
湖南石门浮萍山, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	792±12	[21]	板溪群多益塘组
湖南城步, 花岗岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	805.7±9.2	[22]	侵入板溪群云里场组
湖南城步, 二长花岗岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	840±8	[23]	侵入高洞群黄狮洞组
湖南城步, 花岗岩闪长岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	835.6±6.7	[23]	侵入高洞群黄狮洞组
湖南高洞, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	775±3	[23]	高洞群架枧田组下部
湖南城步浆坪, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	793±9	[23]	砖墙湾组顶部
湖南隆回, 玄武-安山质砾岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	829±10	[23]	石桥铺组底部
贵州梵净山, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	814±6.3	[24]	板溪群甲路组
贵州雷山, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	773.6±7.9	[24]	下江群清水江组
重庆秀山, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	792±9	[25]	板溪群红子溪组
贵州铜仁瓦屋, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	782±8	[26]	板溪群鹅家坳组
贵州铜仁瓦屋, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	785±8	[26]	板溪群鹅家坳组
贵州清镇, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	780±9	[26]	板溪群鹅家坳组
贵州梵净山, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	780±9	[27]	板溪群鹅家坳组
贵州瓮安, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	785±19	[28]	下江群清水江组
贵州台江, 凝灰质粉砂岩	SIMS 锆石 U-Pb	802±2	[29]	下江群番召组
贵州锦屏, 凝灰岩	SIMS 锆石 U-Pb	774±5	[29]	下江群清水江组
贵州锦屏, 沉凝灰岩	SIMS 锆石 U-Pb	773.8±5.4	[29]	下江群清水江组
桂北罗城, 凝灰质粉砂岩	SIMS 锆石 U-Pb	731±4	[29]	丹州群拱洞组
广西元宝山, 碎屑岩	SIMS 锆石 U-Pb	731.3±4.4	[29]	丹州群拱洞组
湖南安江, 凝灰质粉砂岩	SIMS 锆石 U-Pb	719±1	[29]	高洞群岩门寨组

续表4

取样地点及对象	分析方法	年龄值/Ma	资料来源	层位
贵州雷山, 凝灰质粉砂岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	758±5.7	本文	下江群平略组
贵州锦屏, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	733±18	[30]	下江群隆里组顶部
桂北龙胜瓢里, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	734±7	[30]	丹洲群拱洞组顶部
湖南通道平坦, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	754±10	[30]	丹洲群拱洞组
贵州从江刚边, 花岗斑岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	784.6±3.6	[31]	丹州群归眼组(5件样平均)
桂东北, 基性火山岩	锆石 ID-TIMS	819±11	[32]	丹州群鹰扬关组
桂北龙胜三门街, 流纹英安岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	765	[33]	丹洲群三门街组
湖南古丈, 辉绿岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	768±28	[33]	侵入板溪群
桂北龙胜三门街, 玄武岩	锆石 ID-TIMS	761±8	[34]	丹洲群三门街组
湖南冷水铺, 火山角砾岩	HRIMP 锆石 U-Pb	814±12	[35]	板溪群冷水铺组
湖南双峰, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	774.9±2.6	[36]	高洞群砖墙湾组
湖南芷江, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	725±10	[37]	板溪群牛牯坪组
湖南芷江, 凝灰质板岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	779±11	本文	板溪群牛牯坪组
湖南芷江, 凝灰质板岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	800±11	本文	板溪群多益塘组
湖南洪江, 凝灰质岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	739±11	[38]	板溪群牛牯坪组
湖南石门杨家坪, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	809±16	[39]	板溪群老崖山组
湖南古丈, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	809±8.4	[40]	板溪群五强溪组
湖南黔阳, 辉绿岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	747±18	[41]	侵入板溪群
湖南通道, 超镁铁质岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	756±12	[41]	侵入高洞群
湖南通道, 超镁铁质岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	772±11	[41]	侵入高洞群
湖南托口, 凝灰质板岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	732±10	[42]	高洞群岩门寨组,
贵州雷山, 细砂岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	766	[43]	下江群清水江组
湖南桂阳泗洲山, 泥质岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	734±4	[44]	南华系大江边组上部
贵州黎平肇兴, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	661±7	[17]	南华系富禄组
湖南新化碧溪, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	751±5	[23]	南华系长安组下部
湖南新化碧溪, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	764±10	[23]	南华系长安组底部
湖南石门杨家坪, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	758±23	[39]	板溪群溁水河组
湖南石门杨家坪, 沉凝灰岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	736±6	[45]	板溪群溁水河组
湖南新化, 凝灰质板岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	720.2±12	[45]	长安组
桂北罗城四堡, 凝灰质板岩	SIMS U-Pb	715±2.8	[46]	丹洲群拱洞组顶部, 距长安组底部 25m
桂北三江, 凝灰质板岩	SIMS U-Pb	716±3.4	[46]	丹洲群拱洞组顶部, 距长安组底部 60m
贵州松桃, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	667.3±9.9	[47]	南华系大塘坡组
贵州松桃, 沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	654.5±3.8	[48]	南华系大塘坡组
松桃沉凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	662.9±4.3	[49]	南华系大塘坡组

张家湾组为最大海泛时期的移地河流—滨岸环境建造,在梵净山以北的秀山一带为石英砂岩沉积,沉积时限在 810~800 Ma。最大海泛之后盆地萎缩的张家坝组、五强溪组、架枳田组、拱洞组底部含砾砂岩为一自然等时界面,沉积时限在 800~790 Ma。清水江组、鹅家坳组、百合垅组、岩门寨组下部中含大量火山凝灰物质,系区域性等时岩浆构造活动事件标志,其地层年龄在 790~760 Ma。残留保存于台江—芷江一线以南地区的平略组、牛牯坪组、岩门寨组中部、拱洞组中部,地层年龄在 760~735 Ma,隆里—白土地组、岩门寨组及拱洞组上部以发育含绿泥石斑点的板岩夹砂岩为标志,地层年龄在 735~715 Ma。年代地层亦反映下江时期各组完全可以对比,仅湘黔桂三省区划分标志未统一。

5 盆地充填序列特征及地层格架

武陵造山运动后研究区新元古代 820~635 Ma 时期裂谷盆地经历了离散—汇聚,由裂谷盆地向被动大陆边缘盆地的演化与转换历程。裂谷盆地开

启早期发育一系列正断层组合,构成了北西缓南东陡的以半地堑盆地为表现的裂谷盆地雏形,北西侧以石门—花垣—秀山—遵义断裂为限,南东侧以三江断裂为限,构成一北西缓、南东陡的不对称断陷裂谷盆地(图2)。随后裂谷盆地发展为统一裂谷盆地,受同沉积断裂控制,形成充填序列完整,地层格架清楚的独特的裂谷盆岩石地建造组合,其岩石建造特征反映出明显的阶段性充填序列,并各具特色。

5.1 裂谷盆地裂陷开启(820~810 Ma)阶段

随武陵造山隆升的结束,裂谷盆地开启,海水首先由南东的湘中南—桂北一带向北西渐次侵漫超覆退积,形成渐次后退的移地滨岸沉积。在从江—桂北地区为沉积了最厚的底砾岩、砂岩、板岩(厚>1000 m)组合,向北西至芷江地区的底砾岩、砂岩、板岩组合渐次减薄至厚约 100 m,至北西部的梵净山西侧仅见底砾岩。岩石建造虽完全可以对比,但受裂谷盆地开启古地貌及海水侵没序次的控制,沉积时间上有先后(图4),南东侧的从江—桂北一带早于北西侧的梵净山一带。在益阳宝林冲一百

羊庄及隆回一带尚产出火山碎屑岩。

5.2 裂谷盆地发展(810~800 Ma)阶段

随区域划分对比标志层—甲路组钙质岩系的出现,研究区由桂北至梵净山—古丈一带由武陵运动造成的古地貌差异被渐次充填夷平。裂谷盆地进入了真正意义上的海侵阶段。在台江—芷江—溆浦—板溪一线以南东为陆棚滞留含星闪状黄铁矿的碳质细碎屑岩沉积(乌叶组),发育细密水平纹层,裂谷盆地发展至最大裂陷时期。在裂陷中心的三门—城步一带产出具初始洋壳特色的枕状玄武岩与流纹英安岩组合,在从江刚边一带产出花岗斑岩,在城步茅坪一带产出花岗岩。在台江—芷江—溆浦—板溪一线以北至印江—松桃—古丈一线间为紫红色砂泥质潮坪沉积为主,至该线北西盆地最边缘石门杨家坪一带则表现为宽窄不一的张家湾组含砾石英砂岩移地河流—滨岸沉积直接超覆角度不整合于冷家溪群上,在梵净山以北的秀山中溪—溶溪一带红子溪组(划分对比与乌叶组)顶部为石英砂岩建造,为该时期保留的滨岸产物。彭水—龙山—鹤峰—津市—沉口—平江一线以北沉积缺失,为剥蚀准平原。

5.3 盆地汇聚萎缩转换(800~760 Ma)阶段

随乌叶含炭质板岩出现,裂谷盆地中心表现为高水位体系饥饿沉积建造特征,裂谷谷盆向萎缩转换。地裂谷盆地萎缩转换阶段以番召(五强溪、张家坝)组低水位体系的含砾中粗粒砂岩退覆进积于高水位体系沉积之上为物质记录的表现,开始了裂谷盆地萎缩历程。在梵净山—古丈一带表现为潮坪—滨岸环境的长石砂岩、石英砂岩建造,在梵净山—古丈以北渐次缺失。反映出盆地萎缩,海退进积,滨岸南移特征。受同沉积断裂强烈活动影响,该时期地震、火山活动强烈,在雷山—锦屏—会同一带发育大量火山凝灰物质沉积,在番召组及清水江组中—细粒砂岩与板岩中发育大量滑塌滑移和液化变形层理,反映为极为动荡的同沉积坳陷陆棚环境。在从江—黎平—靖县以南东的三江—龙胜一带沉积了相对安静背景下的粉砂岩、板岩沉积,火山凝灰物质急剧减少。由三江—通道一线向南东的龙胜—资源一带,沉积物粒度渐次变粗、砂质增多而泥质减少,长石及岩屑增多而石英减少,反映出陆棚向滨岸沉积环境的过渡。同时在裂谷盆地萎缩的 780~760 Ma 时期存在显著的基性—超基

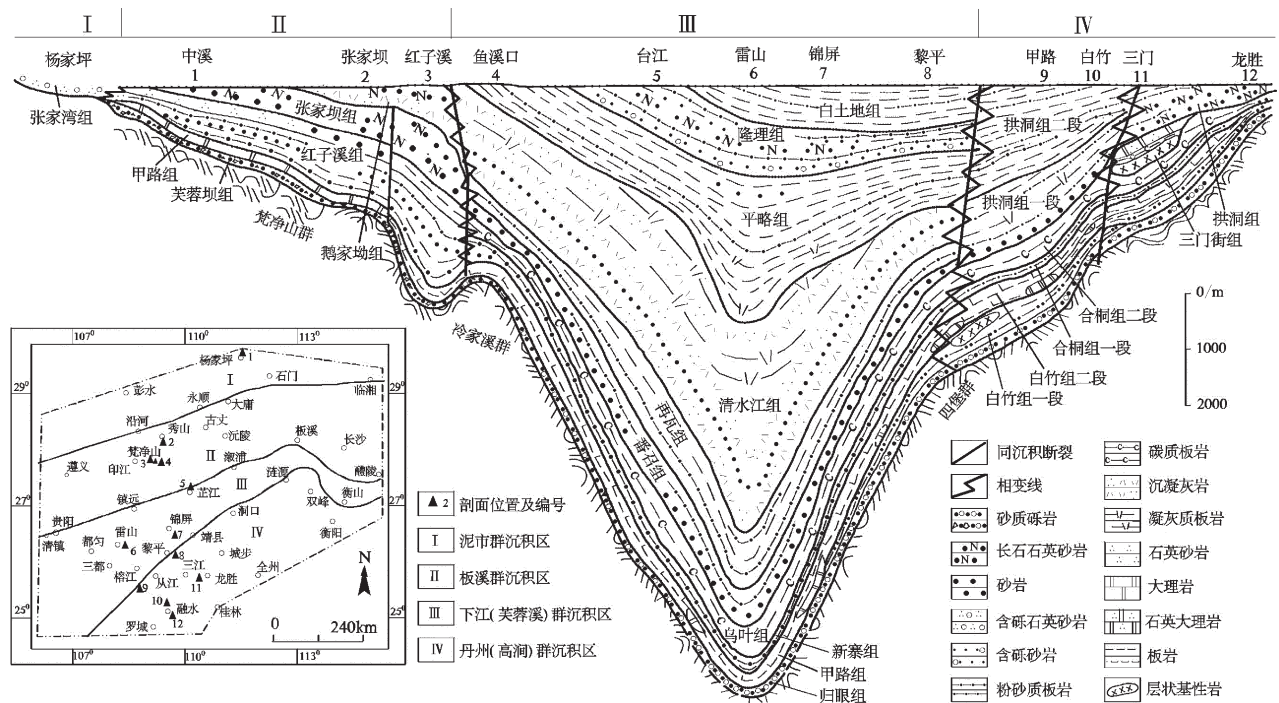


图2 湘黔桂相邻区新元古代下江时期(820~720 Ma)构造沉积建造横向变化示意图

Fig.2 Sketch map showing the lateral variation of structural pattern and sedimentary formation during the Neoproterozoic Xiajiang period (820-720 Ma) in Hunan, Guizhou and Guangxi

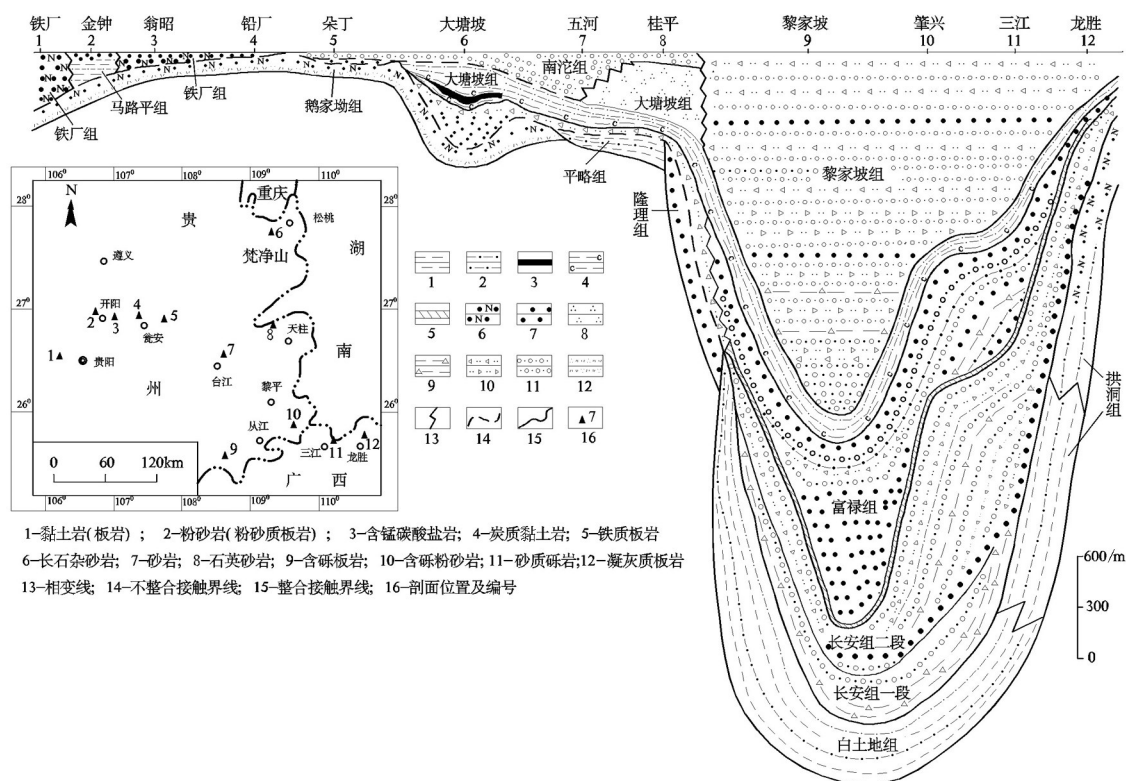


图3 湘黔桂相邻区新元古代下江时期(820~720 Ma)构造沉积建造横向变化示意图

Fig.3 Sketch map showing the change of lithofacies from sedimentary profile during the Nanhua Ice Ages in Hunan, Guizhou and Guangxi

性岩浆活动,形成了湘西黔阳、通道、会同、古丈、从江等等基性—超基性岩浆岩建造组合,为盆地剧烈萎缩的岩浆活动事件。

5.4 盆地萎缩(760~720 Ma)阶段

萎缩中晚期发展相对平静,沉积了以平略组板岩夹砂岩为代表的海水振荡变化格局,属陆棚环境。晚期(隆理组沉积时期)移地滨岸快速向南东迁移,贵阳—芷江—溆浦一线以北已海退为陆,盆地仅局限于三都—天柱—会同一线以南,桂林—资源一线以北西区域。在盆地萎缩末期,普遍沉积了一套含砾岩屑长石石英砂岩,为南华冰期来临急速海退沉积的一套滨岸环境砂砾岩建造(原划归长安组一段)。该时期,在三都—锦屏—会同一带沉积厚度达8000余米,从江—三江—通道一带厚4000余米,向南东的罗城—融安—龙胜一带急剧减薄为约400 m,同时在三江—融水断以南东沉积物粒度渐次增大、长石含量渐次增多、石英含量渐次减少,显示在罗城—龙胜以南东的永福—桂林—资源一

带存在一微陆块,为裂谷盆地南东边界的限定提供了依据。

5.5 裂谷盆地向被动大陆边缘转化阶段(720~635 Ma)

下江时期末期全球气候发生巨变,地球进入冰雪时代。包括研究区在内的扬子周缘发生大规模构造—冰川性海退,使古地理格局和沉积特征发生巨变。随即伴随雪峰运动发生,使研究区天柱—会同一线以北上升成陆(图3)。造成南华冰期长安组—南沱组与板溪群之间的角度不整合—假整合。在黎平—从江以南东,龙胜—城步以北西区域拱洞组板岩顶部普遍发育一套滨岸相厚约100 m的长石石英砂岩,系其转换的物质记录。

5.5.1 长安冰期(720~680 Ma)阶段

随寒冷气候的来临,在三都—天柱—怀化一线北西侧为陆地,南西侧为滨岸—陆棚沉积环境,沉积了一套由块状变质冰碛含砾砂板岩夹含砾砂岩建造,属陆棚冰筏重力流沉积。该时期沉积裂陷充填

中心在靖县—黎平—从江一带,沉积厚度巨大,约达2100 m。向两侧厚度骤减,至南东侧的龙胜、全州一带仅百余米。在龙胜、资源一带,该时期含砾的砂泥岩渐次减少,长石砂岩、泥质砂岩、钙质砂岩增多,在资源车田一带,以长石石英砂岩为主,显示该时期龙胜—桂林一带的古隆起(岛屿)已露出水面,接受剥蚀。

5.5.2 富禄间冰期(680~660Ma)阶段

随气候转暖,冰雪消融,海水又向北西侵漫沉积超覆,向北西渐次超覆于长安组、平略组、清水江组、番召组(张家坝组)、红子溪组之上,在石门杨家坪则超覆于张家湾组之上(渌水河组)。期间尚有次级冷暖气候的变更,在梵净山一带以往习称的“铁丝坳组”、“古城组”冰水重力流沉积的含砾泥岩及含砾杂砂岩,部分学者划分对比于长安组,但区域地层时空延伸展布资料表明,其属富禄组时期上中部产出的次级小冰期环境沉积的物质反映。该时期盆地沉积格局与长安冰期一致,在从江一带沉积物厚约1000 m,并快速向两侧减薄,在三江一带厚约600余m,至龙胜勒黄一带厚仅约100 m。梵净山一带厚1~75m。

5.5.3 大塘坡(660~650 Ma)阶段

随富禄组时期海水几乎侵漫于扬子周缘的不同古老地层之上,至该时期达南华冰期海侵最大时期,在贵阳—芷江以南区域,普遍发育有2~10 m不等含炭质、硅质板岩夹含锰白云岩或灰岩。该标志层在扬子周缘亦普遍发育,转换阶段的次级盆地演化又一次发展至最大阶段。

5.5.4 南沱冰期(650~635 Ma)阶段

该时期冰川性海退较明显而快速,陆地相对扩大。发育了陆相红色为主的冰川泥石流砾质砂泥岩沉积(南沱组),海相含砾砂岩、泥岩的黎家坡(洪江)组。该时期沉积充填中心仍在从江一带,沉积物厚3000 m左右,向南东侧的三江一带的沉积厚度减至约1100 m,至龙胜勒黄一带仅230 m。同时在广西境内该时期沉积物中的砾岩与岩屑成分较湘黔二省复杂,又以三江一带种类最多,显示在南东侧古隆起剥蚀区仍存在,并控制了岩石建造。至晚期气候变暖,海水侵漫整个扬子古陆,南华裂谷盆地边缘出现真正的盖层—碳酸盐岩台地。至此新

元古代820~635 Ma南华裂谷盆地演化结束,研究区裂谷盆地转换为被动大陆边缘盆地的发展阶段。

6 讨论

青白口系为限定于1000~800 Ma沉积物质记录,目前扬子古陆周缘原“青白口系”沉积记录被大致限定在820~720 Ma,将其与武陵造山运动界面之下沉积年代不大于900 Ma的梵净山群及相当地层一并划归为青白口系,给前寒武系地层划分与对比研究带来不便与混乱。武陵造山运动系扬子周缘极为重大而广泛的造山运动,将该界面下伏900~820 Ma沉积的梵净山群及相当地层暂划归青白口系,将发育于湘黔桂地区出露充填沉积物质记录连续、地层层序格架完整的820~720 Ma建造组合一下江群及相当地层另建一独立的系(下江系)级单位,以修正完善我国新元古代地层表,是合适可行而意义重大的。

集成已有资料反映,在龙胜—桂林间存在一微陆块(岛屿、海山?),在南华冰期时表现尤为明显,是否为扬子陆块与华夏造山系划分的边界。龙胜以东至桂粤交界的贺县的鹰扬关组、上龙组及湘东南桂阳大江边组为一套灰黑色条带状含碳质板岩,含白云质炭质板岩,含炭质白云质板岩夹极薄层状细晶白云质大理岩系,在鹰扬关组内产出有基性熔岩(819 Ma),是否在该区域亦有一裂谷盆地?目前资料已反映出原华夏古陆实为由一系列微陆块拼合而成的造山系,限于资料及工作程度原因,尚需加强研究,有望为解决长期争论的中国南方构造及盆地发展演化提供新的资料。

龙胜三门一带产出于合桐组上部(现划为三门街组)内的枕状玄武岩及流纹英安岩年龄为765~761 Ma,区域上古丈、黔阳、通道、从江等地年龄在780~760 Ma的基性—超基性岩及响应于番召—清水江组内大量火山碎屑岩的岩浆—构造事件关系如何?在三门街组之上尚有可以进行区域划分对比的拱洞组,区域上与拱洞组下部同时沉积的番召组、五强溪组年龄为800 Ma,清水江组年龄为785~770 Ma,故三门街组内的枕状玄武岩及流纹英安岩的年代及产出的构造背景尚存遗疑,尚需开展系统的地层划分对比及测年工作。

整个盆地开启充填序列中,在贵阳—怀化—淑浦与从江—黎平—靖县断裂带围限区域(原雪峰海槽),沉积厚度及火山碎屑含量显著高于两侧,是否预示在该区域隐伏有海底喷发火山岩?其火山碎屑由北西向南东减少,在从江—黎平—靖县一线以南骤然减少,其控制因素是什么?目前资料尚不能给出合理答案。

7 结 论

(1)湘黔桂相邻区新元古代 820~635 Ma 时期地层出露连续,充填序列完整、界面清楚,地层格架清晰,是研究该时期地层划分对比及盆地沉积演化的理想区域,本文为修正完善我国新元古代地层表提供了基础资料。

(2)下江群(820~720 Ma)时期相当的泥市群、板溪群、下江(芙蓉溪)群、丹州(高洞)群完全可以划分对比,芙蓉溪群与下江群、丹州群与高洞群为区域自然延伸展布的实体,仅名称及组级岩石地层单位划分标志未统一而已,本文提出了统一划分对比方案。

(3)研究区裂谷盆地充填序列为早期(820~800 Ma)由南东的黔桂交界向北西渐次超覆,滨岸后移,晚期(800~720 Ma)盆地萎缩,滨岸反向迁移,由滨岸—内陆棚—外陆棚环境下的沉积演化充填序列。同时在龙胜以东地区反映与北西侧相同的特征,早期因地覆不明,晚期及南华冰期反映显著。

(4)沉积岩相特征表明,下江时期湘黔桂裂谷盆地属滨岸—潮坪—浅海陆棚沉积环境,为修正前人台地—大陆斜坡—深水盆地沉积环境的认识提供了新的资料。

(5)南华系为在下江时期裂谷盆地完全填平基础上,向被动大陆边缘盆地转换的次级裂陷盆地充填沉积。

致谢:本文参阅了华南各省区“地质系列图件编制与综合研究”、“华南扬子古大陆演化及其资源效应”各工作项目成果资料,修改中得到审稿专家的悉心指正,在此笔者致以衷心的感谢!

参考文献(References):

- [1] 戴传固,张慧,王敏,等.江南造山带西南段地质构造特征及其演化[M].北京:地质出版社,2010.
Dai Chuangu, Zhang Hui, Wang Min, et al. Geological

- Characteristics and Tectonic Evolution of the Southwestern Segment of the Jiangnan Orogen[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010 (in Chinese).
- [2] 湖南省地质矿产局.湖南省区域地质志[M].北京:地质出版社,1982.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Hunan Province. Regional Geology of Hunan Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988 (in Chinese).
- [3] 贵州省地矿局.贵州省区域地质志[M].北京:地质出版社,1987.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Guizhou Province. Regional Geology of Guizhou Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987 (in Chinese with English abstract).
- [4] 广西壮族自治区地矿局.广西壮族自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1985.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangxi. Regional Geology of Guangxi Zhuang Autonomous Region[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985: (in Chinese).
- [5] 高林志,张传恒,史晓颖,等.华北古陆下马岭组归属中元古界的锆石 SHRIMP 新证据[J].科学通报,2008,53(21): 2617~2623.
Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Shi Xiaoying, et al. Mesoproterozoic age for Xiamaling Formation in North China Plate indicated by zircon SHRIMP dating[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(21): 2617~2623(in Chinese).
- [6] 周金城,王孝磊,邱检生.江南造山带形成过程中若干新元古代地质事件[J].高校地质学报,2009,15(4): 453~459.
Zhou Jincheng, Wang Xiaolei, Qiu Jiansheng. Some Neoproterozoic geological events involved in the development of the Jiangnan Orogen[J]. Geological Journal of China Universities, 2009, 15(4): 453~459(in Chinese with English abstract).
- [7] 王敏,戴传固,王雪华,等.贵州梵净山白云母花岗岩锆石年代、铪同位素及对华南地壳生长的制约[J].地学前缘,2011,18(5): 213~223.
Wang Min, Dai Chuangu, Wang Xuehua, et al. In-situ zircon geochronology and Hf isotope of muscovite-bearing leucogranites from Fanjingshan, Guizhou Province, and constraints on continental growth of the Southern China block[J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(5): 213~223(in Chinese with English abstract).
- [8] 高林志,戴传固,丁孝忠,等.侵入梵净山群白岗岩锆石 U-Pb 年龄及白岗岩底砾岩对下江群沉积的制约[J].中国地质,2011(a),38(6): 1413~1420.
Gao Linzhi, Dai Chuangu, Ding Xiaozhong, et al. SHRIMP U-Pb dating of intrusive alaskite in the Fanjingshan Group and alaskite basal conglomerates: constraints on the deposition of the Xiajiang Group[J]. Geology in China, 2011(a), 38(6): 1413~1420(in Chinese with English abstract).
- [9] 王敏,戴传固,王雪华,等.贵州梵净山沉积时代——来自原位锆石 U-Pb 测年证据[J].岩石矿物学杂志,2012,31(6): 843~857.
Wang Min, Dai Chuangu, Wang Xuehua, et al. Sedimentation age of the Fanjingshan group in East Guizhou Province: Evidence from

- in-situ zircon LA-ICP-MS U-Pb dating[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2012, 31(6): 843-857(in Chinese with English abstract).
- [10] 张传恒, 高林志, 史晓颖, 等. 梵净山群火山岩锆石 SHRIMP 年龄及其年代地层学意义[J]. *地学前缘*, 2014, 21(2): 139-143.
- Zhang Chuangheng, Gao Linzhi, Shi Xiaoying, et al. SHRIMP age of the volcanic rock from the Fanjingshan group and its chronostratigraphic significances[J]. *Earth Science Frontiers*, 2014, 21(2): 139-143(in Chinese with English abstract).
- [11] 高林志, 陈建书, 戴传固, 等. 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: 950-959.
- Gao Linzhi, Chen Jianshu, Dai Chuangu, et al. 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*, 2014, (33)7: 950-959(in Chinese with English abstract).
- [12] 高林志, 戴传固, 刘燕学, 等. 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.
- Gao Linzhi, Dai Chuangu, Liu Yanxue, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of tuff bed of the Sibao Group in southern Guizhou northern Guangxi area, China and its stratigraphic implication[J]. *Geological Bulletin of China*, 2010, 29(9): 1259-1267(in Chinese with English abstract).
- [13] 曾雯, 周汉文, 钟增球, 等. 黔东南新元古代岩浆单颗粒锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. *地球化学*, 2005, 34(6): 548-556.
- Zeng Wen, Zhou Hanwen, Zhong Zengqiu, et al. Single zircon U-Pb and their tectonic implications of neoproterozoic magmatic rocks in southeast Guizhou, China[J]. *Geochimica*, 2005, 34(6): 548-556(in Chinese with English abstract).
- [14] 陈文西, 王剑, 付修根, 等. 黔东南新元古界下江群甲路组沉积特征及其下伏岩体的锆石 U-Pb 年龄意义[J]. *地质论评*, 2007, 53(1): 126-131.
- Chen Wenxi, Wang Jian, Fu Xiugen, et al. Sedimentary characteristics of the Jialu Formation and its underlying granites U-Pb zircon age in southeast Guizhou China[J]. *Geological Review*, 2007, 53(1): 126-131(in Chinese with English abstract).
- [15] Wang XiaoLei, Zhou JinCheng, Griffin W L. Detrital zircon geochronology of Precambrian basement sequences in the Jiangnan orogen dating the assembly of the Yangtze and Cathaysia blocks[J]. *Precambrian Res.*, 2007, 159: 117-131.
- [16] 王孝磊, 周金城, 邱俭生, 等. 桂北新元古代强过铝花岗岩的成因—锆石年代学和 Hf 同位素制约[J]. *岩石学报*, 2006, 22(2): 326-342.
- Wang Xiaolei, Zhou Jincheng, Qiu Jiansheng, et al. Petrogenesis of the Neoproterozoic strongly peraluminous granitoids from Northern Guangxi constraints from zircon geochronology and Hf isotopes[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(2): 326-342(in Chinese with English abstract).
- [17] 高林志, 陆济璞, 丁孝忠, 等. 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*, 2013, 40(5): 1443-1452.
- Gao Linzhi, Lu Jipu, Ding Xiaozhong, et al. Zircon U-Pb dating of Neoproterozoic tuff in South Guangxi and its implications for stratigraphic correlation[J]. *Geology in China*, 2013, 40(5): 1443-1452(in Chinese with English abstract).
- [18] 李献华. 广西北部新元古代花岗岩的锆石 U-Pb 年代学及其构造意义[J]. *地球化学*, 1999, 28(1): 1-9.
- Li Xianhua. U-Pb zircon ages of granites from northern Guangxi and their tectonic significance[J]. *Geochimica*, 1999, 28(1): 1-9 (in Chinese with English abstract).
- [19] 孟庆秀, 张健, 耿建珍, 等. 湘中地区冷家溪群和板溪群锆石 U-Pb 年龄、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.
- Meng Qingxiu, Zhang Jian, Geng Jianzhen, et al. Zircon U-Pb age and Hf Isotope compositions of Lengjiaxi and Banxi groups in middle Hunan Province: Implications for the Neoproterozoic tectonic evolution in South China[J]. *Geology in China*, 2013, 40(1): 191-216(in Chinese with English abstract).
- [20] 高林志, 陈峻, 丁孝忠, 等. 湘东北岳阳地区冷家溪群及板溪群凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄—对武陵运动的制约[J]. *地质通报*, 2011, 30(7): 1001-1008.
- Gao Linzhi, Chen Jun, Ding Xiaozhong, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the tuff bed of Lengjiaxi and Banxi Groups, northeastern Hunan: constraints on the Wuling Movement[J]. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(7): 1001-1008(in Chinese with English abstract).
- [21] 孙海清, 黄建中, 郭乐群, 等. 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.
- Sun Haiqing, Huang Jianzhong, Guo Lequn, et al. Subdivision and Isotopic age of Lengjiaxi group in Hunan province[J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2012, 28(1): 20-26(in Chinese with English abstract).
- [22] 柏道远, 贾宝华, 刘伟, 等. 湖南城步火成岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其对江南造山带新元古代构造演化的约束[J]. *地质学报*, 2010, 84(12): 1717-1726.
- Bai DaoYuan, Jia Baohua, Liu Wei, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the igneous rocks from Chengbu, Hunan constraint on the neoproterozoic tectonic evolution of the Jiangnan Orogenic Belt[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2010, 84(12): 1717-1726(in Chinese with English abstract).
- [23] 孙海清, 黄建中, 江新胜, 等. 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): 1725-1733.
- Sun Haiqing, Huang Jianzhong, Jiang Xinsheng, et al. The evolution of “Nanhuaian” rift basin on the southeastern margin of Yangtze platform: Age constraints from the Neoproterozoic

- granites[J]. *Geology in China*, 2013, 40(6): 1725–1733(in Chinese with English abstract).
- [24] 高林志, 戴传固, 刘燕学, 等. 黔东地区下江群凝灰岩锆 SHRIMP U–Pb 年龄及其地质意义[J]. *中国地质*, 2010, 37(4): 1071–1082.
- Gao Linzhi, Dai Chuangu, Liu Yanxue, et al. Zircon SHRIMP U–Pb dating of the tuffaceous bed of Xiajiang Group in Guizhou Province and its stratigraphic implication[J]. *Geology in China*, 2010, 37(4): 1071–1082(in Chinese with English abstract).
- [25] 汪正江, 王剑, 谢渊, 等. 重庆秀山凉桥板溪群红子溪组凝灰岩 SHRIMP 锆石测年及其意义[J]. *中国地质*, 2009, 36(4): 761–768.
- Wang Zhengjiang, Wang Jian, Xie Yuan, et al. SHRIMP zircon U–Pb dating for crystal tuff from Hongzixi Formation of Banxi Group in Xiushan area, Chongqing, and its significance[J]. *Geology in China*, 2009, 36 (4): 761–768(in Chinese with English abstract).
- [26] 汪正江, 王剑, 段太忠, 等. 扬子克拉通内新元古代中期酸性火山岩的年代学及其地质意义[J]. *中国科学*, 2010, 40(11): 1543–1551.
- Wang Zhengjiang, Wang Jian, Duan Taizhong, et al. Geochronology of middle neoproterozoic volcanic deposits in Yangtze Craton interior of South China and its implications to tectonic settings[J]. *Science China Earth Science*, 2010, 40(11): 1543–1551(in Chinese).
- [27] Wang Lijuan, Griffin W L, Yu Jinhai. Precambrian crustal evolution of the Yangtze Block tracked by detrital zircons from Neoproterozoic sedimentary rocks[J]. *Precambrian Research*, 2010, 177: 131–144.
- [28] 尹崇玉, 柳永清, 高林志, 等. 震旦(伊迪卡拉)纪早期磷酸盐化生物群—瓮安生物群特征及其环境演化[M]. 北京:地质出版社, 2007.
- Yin Chongyu, Liu Yongqing, Gao Linzhi, et al. The Characteristics and Environment evolution of Phosphated Biota–Weng'an Biota in the Early Simian (Ediacara) Period[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007(in Chinese).
- [29] Wang Xuance, Li Xianhua, Li Zhengxiang, et al. Episodic Precambrian crust growth: Evidence from U–Pb ages and Hf–O isotopes of zircon in the Nanhua Basin, central South China[J]. *Precambrian Research*, 2012, (222–223): 386–403.
- [30] 汪正江, 许效松, 江新胜, 等. 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.
- Wang Zhengjiang, Xu Xiaosong, Jiang Xinsheng, et al. Discussion on the bottom of Nanhua system: Evidences from sedimentology and isotopic geochronology[J]. *Advances in Earth Science*, 2013, 28(4): 477–489(in Chinese with English abstract)
- [31] 陈建书, 戴传固, 彭成龙, 等. 黔东南从江地区新元古代下江期花岗斑岩的特征及其地质意义[J]. *沉积与特提斯地质*, 2014, 34 (1): 61–71.
- Chen Jianshu, Dai Chuangu, Peng Chenglong, et al. Characteristics and geological implications of the Xiajiangian (Neoproterozoic) Granite Porphyry in the Congjiang region Southeastern Guizhou[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2014, 34(1): 61–71(in Chinese with English abstract).
- [32] 周汉文, 李献华, 王汉荣, 等. 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(增刊): 22–25.
- Zhou Hanwen, Li Xianhua, Wang Hanrong, et al. U–Pb Zircon geochronology of basic volcanic rocks of the Yingyangguan Group in Hezhou, Guangxi, and its tectonic implications[J]. *Geological Review*, 2002, 48(supp.): 22–25(in Chinese with English abstract).
- [33] Zhou Jibin, Li Xianhua, Ge Wenchun. 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.
- [34] 葛文春, 李献华, 李正祥, 等. 龙胜地区镁铁质侵入体年龄及其地质意义[J]. *地质科学*, 2001, 36(1): 112–118.
- Ge Wenchun, Li Xianhua, Li Zhengxiang, et al. Mafic intrusions in Longsheng area age and its geological implications[J]. *Chinese Journal of Geology*, 2001, 36(1): 112–118.
- [35] 王剑, 李献华, T Z Duan, 等. 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(46): 1726–1731.
- Wang Jian, Li Xianhua, Duan T Z, et al. Zircon SHRIMP U–Pb dating for the Cangshuipu volcanic rocks and its implications for the lower boundary age of the Nanhua strata in South China[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48(46): 1726–1731 (in Chinese).
- [36] 马慧英, 孙海清, 黄建中, 等. 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.
- Ma Huiying, Sun Haiqing, Huang Jianzhong, et al. U–Pb dating of zircon from the Gaojian group tuff in central Hunan Province and its geological implication[J]. *Mineral Exploration*, 2013, 4(1): 69–74(in Chinese with English abstract).
- [37] Zhang Qirui, Li Xianhua, Feng Lianjun, et al. New age constraint on the onset of the Neoproterozoic glaciations in the Yangtze Platform, South China[J]. *Journal of Geology*, 2008a, 116: 423–429.
- [38] 汪正江, 王剑, 江新胜, 等. 华南扬子地区新元古代地层划分对比研究新进展[J]. *地质论评*, 2015, 61(1): 1–20.
- Wang Zhengjiang, Wang Jian, Jiang Xinsheng, et al. New Progress for the Stratigraphic Division and Correlation of Neoproterozoic in Yangtze Block, South China[J]. *Geological Review*, 2015, 61(1): 1–20(in Chinese with English abstract).
- [39] 尹崇玉, 刘敦一, 高林志, 等. 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.
- Yin Congyu, Liu Dunyi, Gao Linzhi, et al. Age of the lower boundary of Nanhua and of Gucheng glaciation: Evidence of SHRIMP U–Pb dating[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48(16): 1721–1725.

- 1721–1725(in Chinese).
- [40] 张世红, 蒋干清, 董进, 等. 华南板溪群五强溪组 SHRIMP 锆石 U–Pb 年代学新结果及其构造地质学意义[J]. 中国科学(D 辑), 2008, 38(12): 1496–1503.
- Zhang Shihong, Jiang Ganqing, Dong Jin, et al. New zircon SHRIMP U–Pb dating of Wuqingxi Formation of Banxi group in South China and its geological significance[J]. Science in China (Series D), 2008, 38(12): 1496–1503(in Chinese).
- [41] Wang Xiaolei, Zhou Jincheng, Qiu Jiansheng. Geochronology and geochemistry of Neoproterozoic mafic rocks from western Hunan, South China: Implications for petrogenesis and postorogenic extension[J]. Geol. Mag., 2008, 145(2): 215–233.
- [42] 伍皓, 江新胜, 王剑, 等. 湘西托口地区南华系沉积地层学研究及其地质意义[J]. 地层学杂志, 2015, 39(3): 300–309.
- Wu Hao, Jiang Xinsheng, Wang Jian, et al. A sedimentological and stratigraphical study of the Nanhua system in the Tuokou area, Western Hunan and their geological significance[J]. Journal of Stratigraphy, 2015, 39(3): 300–309 (in Chinese with English abstract).
- [43] 魏亚楠, 江新胜, 崔晓庄, 等. 黔东南新元古代清水江组碎屑锆石 U–Pb 年代学研究及其地质意义[J]. 矿物岩石, 2015, 35(3): 61–71.
- Wei Yanan, Jiang Xinsheng, Cui Xiaozhuang, et al. Detrital zircon U–Pb ages of the Neoproterozoic Qingshuijiang formation in southeastern Guizhou and the their geological significance[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2015, 35(3): 61–71 (in Chinese with English abstract).
- [44] 伍皓, 江新胜, 王剑, 等. 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.
- Wu Hao, Jiang Xinsheng, Wang Jian, et al. Ages and provenance of the neoproterozoic Dajiangbian formation and Aiqiling formation in Southeast Hunan Province: U–Pb Geochronological Evidence of Detrital Zircons[J]. Geological Review, 2013, 59(5): 853–868(in Chinese with English abstract).
- [45] 杜秋定, 汪正江, 王剑, 等. 湘中长安组碎屑锆石 LA–ICP–MS U–Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质论评, 2013, 59(2): 334–344.
- Du Qiuding, Wang Zhengjiang, Wang Jian, et al. LA–ICP–MS U–Pb ages of detrital zircons from the Neoproterozoic Chang'an Formation in central Hunan and its geological Implications[J]. Geological Review, 2013, 59(2): 334–344(in Chinese with English abstract).
- [46] Lan Zhongwu, Li Xianhua, Zhu Maoyan, et al. A rapid and synchronous initiation of the wide spread Cryogenian glaciations[J]. Precambrian Research, 2014, 255: 401–411.
- [47] 尹崇玉, 王砚耕, 唐烽, 等. 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(1): 273–278.
- Yin Chongyu, Wang Yangeng, Tang Feng, et al. SHRIMP U–Pb zircon date from the Nanhuan Datangpo Formation in Songtao county, Guizhou Province[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(1): 273–278(in Chinese with English abstract).
- [48] Zhang Qirui, Chu Xuelei. Problems in defining the Nanhuan period[J]. Journal of Stratigraphy, 2007, 31(3): 221–227.
- [49] Zhou Chuanming, Tucker R, Xiao Shuhai, et al. New constraints on the ages of Neoproterozoic glaciations in south China[J]. Geology, 2004, 32(5): 437–440.
- [50] 储雪蕾, wolfgang Todt, 张启锐, 等. 南华—震旦系界线的锆石 U–Pb 年龄[J]. 科学通报, 2005, 50(6): 600–602.
- Chu Xuelei, Wolfgang Todt, Zhang Qirui, et al. Zircon U–Pb dating for the boundary between Nanhuan and Sinian[J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(6): 600–602(in Chinese).
- [51] 王晓青, 刘祖彝. 南长常区地质志[R]. 前湖南地质调查所专报乙种 1 号, 1936.
- Wang Xiaoqing, Liu Zuyi. Regional Geology Annuals of Changchang Area in Hunan[R]. The No.1 report of former Geological Survey of Hunan Province, 1936(in Chinese).
- [52] 王晓青, 刘祖彝. 湖南锑矿志[R]. 1938.
- Wang Xiaoqing, Liu Zuyi. The Antimony Annuals of Hunan[R]. 1938(in Chinese).
- [53] 王晓青. 湖南金矿之分布[J]. 地质论评, 1940, 5(3/4): 373–385.
- Wang Xiaoqing. The Distribution of the Gold Mine in Hunan[J]. Geological Review, 1940, 5(3/4): 373–385(in Chinese).
- [54] 王曰伦. 贵州东部矿产简报[J]. 前经济部地质调查所, 1938.
- Wang Yuelun. The Mineral Briefing in Eastern Guizhou[J]. The Former Geology Survey of Ministry, 1938(in Chinese).
- [55] 王曰伦. 对中国寒武纪以前古老沉积岩划分的意见[J]. 地质学报, 1955, 35(4): 1717–1726.
- Wang Yuelun. On the Stratigraphical divisions of the Pre-cambrian sediments of China[J]. Acta Geologica Sinica, 1955, 35(4): 1717–1726(in Chinese with English abstract).
- [56] 全国地层委员会. 中国的前寒系纪报告[J]. 地质论评, 1959, 19(12): 540–547.
- Commission on Stratigraphy of China. The report of Precambrian of China[J]. Geological Review, 1959, 19(12): 540–547(in Chinese with English abstract).
- [57] 湘、桂、黔三省(区)前寒武系踏勘组. 湘、桂、黔三省(区)前寒武系踏勘报告[R]. 1962.
- The Precambrian Reconnaissance Group in Hunan, Guangxi and Guizhou, The Reconnaissance Report of Precambrian in Hunan, Guangxi and Guizhou[R]. 1962(in Chinese).
- [58] 全国地层委员会. 中国的前寒系纪全国地层会议学术报告汇编[C]. 北京: 科学出版社, 1962.
- Commission on Stratigraphy of China. The Precambrian of China. The Formation Meeting Academic Report Compilation of China[C]. Beijing: Science Press, 1962(in Chinese).
- [59] 杨彦钧, 魏绪寿. 湖南石门县杨家坪前寒武系剖面研究[J]. 湖南地质专刊, 1984, (1): 3–4.
- Yang Yanjun, Wei Xushou. The study on the precambrian section

- at Yangjiaping Shimen county, Hunan Province[J]. Hunan Geology, 1984, (1): 3-4(in Chinese).
- [60] 湖南省区调队. 湖南地层(内部出版)[R]. 1986.
The Team of Regional Geological Survey in Hunan Province[R]. Hunan Stratum, 1986(in Chinese).
- [61] 王砚耕, 尹恭正, 郑淑芳, 等. 贵州上寒武系及震旦—寒武系界线[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1984.
Wang Yangeng, Yin Gongzheng, Zheng Shufang, et al. The Boundary between upper Precambrian System and Zhendan—Cambrian system[M]. Gui Yang: Guizhou People's Publishing House, 1984(in Chinese with English abstract).
- [62] 许靖华. 中国南方大地构造的几个问题[J]. 地质科技情报, 1987, 6(2): 13-27.
Xu Jinghua. Some Problems of tectonic in South China[J]. Geological Science and Technology Information, 1987, 6(2): 13-27 (in Chinese with English abstract).
- [63] 刘鸿允, 李曰俊. 论板溪群的时代归属和层位对比[J]. 地质科学(增刊), 1992: 1-16.
Liu Hongyun, Li Yuejun. On the age and regional correlation of Banxi Group[J]. Scientia Geologica Sinica, 1992, (Supp.): 1-16 (in Chinese with English abstract).
- [64] 刘鸿允, 李曰俊, 郝杰. 论华南的板溪群及其有关的大地构造问题[J]. 地球学报, 1994, 15(3/4): 88-96.
Liu Hongyun, Li Yuejun, Hao Jie. On the Banxi Group and its related tectonic problems in South China Acta [J]. Geoscientia Sinica, 1994, 15(3/4): 88-96(in Chinese with English abstract).
- [65] 李曰俊, 郝杰, 刘鸿允. 板溪群研究的动向与亟待解决的问题[J]. 湖南地质, 1993, 12(1): 8-14.
Li Yuejun, Hao Jie, Liu Hongyun. The current research tendency and the key problems of the Banxi group in South China [J]. Hunan Geology, 1993, 12(1): 8-14(in Chinese with English abstract).
- [66] 唐晓珊. 雪峰山地区板溪群、芙蓉溪群的建造类型及环境[J]. 湖南区调, 4号(内刊), 1991.
Tang Xiaoshan. The sedimentary building types and environment of Banxi group and Furongxi group in Xuefeng Mountain area[J]. Regional Geological Survey of Hunan, No.4, 1991(in Chinese).
- [67] 唐晓珊, 黄建中, 何开善. 论湖南板溪群[J]. 中国区域地质, 1994, 50(3): 274-277.
Tang Xiaoshan, Huang Jianzhong, He Kaishan. On the Banxi group in Hunan regional[J]. Geology of China, 1994, 50(3): 274-277(in Chinese with English abstract).
- [68] 唐晓珊, 黄建中. 论湖南新元古代板溪群[M]. 湖南: 湖南科学技术出版社, 1996.
Tang Xiaoshan, Huang Jianzhong. Discussion on Banxi Group of the Neoproterozoic in Hunan[M]. Hunan: Hunan Science and Technology Press, 1996(in Chinese).
- [69] 唐晓珊, 黄建中, 郭乐群. 再论湖南板溪群及其大地构造环境[J]. 湖南地质, 1997, 16(4): 219-226.
Tang Xiaoshan, Huang Jianzhong, Ge Lequn. Hunan Banxi Group and its tectonic environment[J]. Hunan Geology, 1997, 16(4): 219-226(in Chinese with English abstract).
- [70] 张晓阳, 黄建中, 唐晓珊. 湖南板溪期地层层序分析及格架探讨[J]. 湖南地质, 1995, 14(1): 27-30.
Zhang Xiaoyang, Huang Jianzhong, Tang Xiaoshan. Strata sequence and stratigraphic framework of Banxi Period in Hunan[J]. Hunan Geology, 1995, 14(1): 27-30(in Chinese with English abstract).
- [71] 王剑. 华南新元古代裂谷盆地演化兼论与Rodinia解体的关系[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
Wang Jian. Neoproterozoic Rifting History of South China and Significance to Rodinia Breakup[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000 (in Chinese).
- [72] 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.
Wang Jian. New advances in the study of “the Nanhuaan System” —with particular reference to the stratigraphic division and correlation of the Nanhuaan System, South China [J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24(6): 491-495(in Chinese with English abstract).
- [73] 汪正江. 关于建立“板溪群”的建议及其基础的讨论——以黔东南地区为例[J]. 地质评论, 2008, 54(3): 296-306.
Wang Zhengjiang. A proposal to establish the Banxi System and discussion on its foundations based mainly on studies in eastern Guizhou area[J]. Geological Review, 2008, 54(3): 296-306(in Chinese with English abstract).
- [74] 许效松, 刘伟, 门玉彭, 等. 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
Xu Xiaosong, Liu wei, Men Yupeng, et al. Probe into the tectonic nature of neoproterozoic southern Hunan— northern Guangxi marine basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2012, 86(12): 1890-1904 (in Chinese with English abstract).
- [75] 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, 1997.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Hunan. Lithostratigraphy of Hunan Province[M]. Wuhan: China University of Geoscience Press, 1997(in Chinese).
- [76] 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, 1997.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Guizhou. Lithostratigraphy of Guizhou Province[M]. Wuhan: China University of Geoscience Press, 1997(in Chinese).
- [77] 广西壮族自治区地矿局. 广西壮族自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
Bureau of Geology of Guangxi Province. The Lithostratigraphic of Guangxi Province[M]. Wuhan: China University of Geology Press, 1997(in Chinese).
- [78] 林树基. 板溪群与莲沱组对比问题与震旦/前震旦界限[J]. 贵州

- 地质, 1995, 12(1): 23–29.
- Lin Shuji. Correlation for Liantuo Formation to Banxi Group and boundary between the Presinian and the Sinian in Eastern Guizhou[J]. Guizhou Geology, 1995, 12(1): 23–29(in Chinese with English abstract).
- [79] 黄建中, 唐晓珊, 张晓阳, 等. 对峡东莲沱组与湖南板溪群对比问题的一点浅见[J]. 地层学杂志, 1996, 20(3): 233–236
- Hung Jianzhong, Tang Xiaoshan, Zhang Xiaoyang, et al. On the correlation between the Lian tuo Formation of the Yangtze Gorge and the Banxi Group of Hunan[J]. Journal of Stratigraphy, 1996, 20 (3): 233–236(in Chinese with English abstract).
- [80] 冯连君, 储雪蕾, 张启锐, 等. 湘西北南华系溁水河组寒冷气候成因的新证据[J]. 科学通报, 2004, 49(2): 1172–1178.
- Feng Lianjun, Chu Xuelei, Zhang Qirui, et al. New evidence of deposition under cold climate for the Xieshuihe Formation of the Nanhua System in northwestern Hunan[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(2): 1172–1178(in Chinese).
- [81] 张启锐, 储雪蕾, 冯连君. 南华系“溁水河组”的对比及其冰川沉积特征的探讨[J]. 地层学杂志, 2008, 32(3): 741–747
- Zhang Qirui, Chu Xuelei, Feng Lianjun. A correlation of the “Xie Shuihe Formation”, Nanhua System, with a discussion to its glacial sedimentary structures[J]. Journal of Stratigraphy, 2008, 32 (3): 741–747.
- [82] 彭学军, 刘耀荣, 吴能杰, 等. 扬子陆块东南缘南华纪地层对比[J]. 地层学杂志, 2004, 28(4): 354–359.
- Peng Xuejun, Liu Yaorong, Wu Nengjie, et al. Correlation of the Nanhua strata on the southern margin of the Yangtze landmass. [J]. Journal of Stratigraphy, 2004, 28(4): 354–359(in Chinese with English abstract).
- [83] 张启锐, 储雪蕾. 南华系建系问题探讨[J]. 地层学杂志, 2007, 31 (3): 321–327.
- Zhang Qirui, Chu Xuelei. Problems in defining the Nanhua period[J]. Journal of Stratigraphy, 2007, 31(3): 321–327.
- [84] 张启锐. 关于南华系底界年龄 780 Ma 数值的讨论[J]. 地层学杂志, 2014, 38(3): 336–339.
- Zhang Qirui. The discussion on the age value of 780 Ma under Nanhua system[J]. Journal of Stratigraphy, 2014, 38(3): 336–339 (in Chinese with English abstract).
- [85] 卢定彪, 肖加飞, 林树基, 等. 湘黔桂交界区贵州从江县黎家坡南华系剖面新观察——一条良好的南华大冰期沉积记录剖面[J]. 地质通报, 2010, 29(8): 1143–1151.
- Lu Dingbiao, Xiao Jiafei, Lin Shuji, et al. The Nanhua section at Lijiapo village, Congjiang county, Guizhou Province in Hunan–Guizhou–Guangxi adjacent region, China: A good section with sedimentary record in Nanhua large glaciation age[J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(8): 1143–1151(in Chinese with English abstract).
- [86] 林树基, 卢定彪, 肖加飞, 等. 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.
- Lin shuji, Lu dingbiao, Xiao jiafei, et al. Stratigraphy of the Nanhua system in Guizhou Province[J]. Journal of Stratigraphy, 2013, 37(4): 542–557(in Chinese with English abstract).
- [87] 江新胜, 王剑, 崔晓庄, 等. 滇中新元古代澄江组锆石 SHRIMP U–Pb 年代学研究及其地质意义[J]. 中国科学, 2012, 42(10): 1496–1507.
- Jiang Xinsheng, Wang Jian, Cui Xiaozhuang, et al. Zircon SHRIMP U–Pb geochronology of the Neoproterozoic Chengjiang formation in central Yunnan Province (SW China) and its geological significance[J]. Science China Earth Science, 2012, 42 (10): 1496–1507 (in Chinese).