



中国地质调查成果CGS2018-002

“华南扬子古大陆演化及其资源效应”（41030315）资助

扬子古大陆新元古代扬子东南缘中段 裂谷盆地形成演化与资源效应

黄建中 孙海清 等著



YANGZI GUDALU XINYUANGUDAI YANGZI DONGNANYUAN ZHONGDUAN
LIEGU PENDI XINGCHENG YANHUA YU ZIYUAN XIAOYING



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE



中国地质调查成果 CGS2018-002

“华南扬子古大陆演化及其资源效应”(41030315)资助

扬子古大陆新元古代扬子东南缘中段 裂谷盆地形成演化与资源效应

YANGZI GUDALU XINYUANGUDAI YANGZI DONGNANYUAN ZHONGDUAN
LIEGU PENDI XINGCHENG YANHUA YU ZIYUAN XIAOYING

黄建中 孙海清 等著



 中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

扬子古大陆新元古代扬子东南缘中段裂谷盆地形成演化与资源效应/黄建中,孙海清等著. —武汉:中国地质大学出版社,2018. 5

ISBN 978-7-5625-4248-3

- I. ①扬…
- II. ①黄… ②孙…
- III. ①扬子板块-新元古代-裂谷盆地-盆地演化-研究
- IV. ①P531

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 048507 号

扬子古大陆新元古代扬子东南缘中段裂谷盆地形成演化与资源效应		黄建中 孙海清 等著
责任编辑:胡珞兰	选题策划:毕克成 刘桂涛	责任校对:周 旭
出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)		邮编:430074
电 话:(027)67883511	传 真:(027)67883580	E-mail:cbb@cug.edu.cn
经 销:全国新华书店		http://cugp.cug.edu.cn
开本:880 毫米×1 230 毫米 1/16		字数:372 千字 印张:11.75
版次:2018 年 5 月第 1 版		印次:2018 年 5 月第 1 次印刷
印刷:湘潭地调彩印厂		印数:1—600 册
ISBN 978-7-5625-4248-3		定价:180.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

作者简介

黄建中,男,四川中江人,1960年4月出生,教授级高级工程师,现任湖南省地质矿产勘查开发局总工程师,湖南省地质学会副理事长,湖南省地质灾害防治学会常务理事,湖南省宝玉石学会副会长。长期从事区域地质调查、地质科研及业务管理工作,在基础地质领域特别是湖南前寒武纪地质研究领域成果颇丰。先后主持和参加了湖南省区域地质志,湖南省矿产资源潜力评价,湖南省岩石地层清理,湖南新元古代板溪群研究,1:25万长沙市幅、益阳市幅区域地质调查及1:5万普迹、大瑶等十多幅区域地质矿产调查等大中型地勘科研项目,先后荣获国土资源部科技进步二等奖1次,湖南省人民政府科技进步二等奖1次、三等奖3次,原地质矿产部科技进步、勘查成果三等奖5次,公开出版地学专著(合著)2部,公开发表论文20余篇,多篇论文获自然科学论文一、二等奖。



序

随着华南前寒武纪地质工作的不断深入和资料的日积月累,特别是大量高精度定年数据的获得,有关“板溪混杂岩”及“板溪洋问题”等传统认识已不再是争论的问题,业已证明,板溪群及其同时代地层都是 Rodinia 超大陆解体的产物。然而,与 Rodinia 超大陆拼合-裂解有关的对晋宁运动及其后的沉积盆地演化等,仍然是一个需要不断深化认识和研究的问题。

近年来,在华南新元古代裂谷盆地演化与全球超大陆 Rodinia 解体方面取得了丰硕成果,特别是在盆地开启、沉积超覆事件、同位素年代学、岩相古地理等方面取得一系列新认识。由黄建中、孙海清主编的《扬子古大陆新元古代扬子东南缘中段裂谷盆地形成演化与资源效应》一书,是“华南扬子古大陆演化及其资源效应”研究项目的重要组成部分。该成果系统收集分析了扬子陆块东南缘江南造山带中段新元古代区域地质矿产资料,包括第二代区域地质志的最新研究成果。论著采用岩石地层、事件地层、年代地层、旋回与层序地层和沉积相分析相结合的方法,重点分析了新元古代早中期沉积充填序列、岩相古地理特征。重新修订了该区域新元古代“南华纪”区域地层格架,在此基础上编制了岩相古地理系列图件。最后,结合地球化学资料分析,探讨了盆地形成演化的大地构造环境,并提出了陆缘裂谷盆地形成的动力学机制,建立了盆地演化模式,总结了盆地演化与矿产资源效应。

该论著的出版,为深化全球超大陆 Rodinia 解体及其与华南新元古代裂谷盆地的形成演化研究,必将起到重要的促进作用,在此表示衷心的祝贺。



2018 年春,于成都

目 录

绪 言 (1)

第一章 大地构造背景及构造演化 (11)

 第一节 区域地质概况 (11)

 第二节 华南扬子古大陆前寒武纪区域地质演化 (12)

 第三节 研究区新元古代大地构造演化 (14)

第二章 裂谷充填序列多重地层划分与对比 (16)

 第一节 岩石地层 (16)

 第二节 沉积旋回与层序地层 (44)

 第三节 事件地层 (57)

 第四节 年代地层 (79)

 第五节 多重地层划分对比 (93)

第三章 构造-岩相古地理 (95)

 第一节 裂谷盆地幼年期构造-岩相古地理 (95)

 第二节 裂谷盆地成熟期构造-岩相古地理 (102)

 第三节 裂谷盆地早冰期构造-岩相古地理 (108)

 第四节 裂谷盆地间冰期构造-岩相古地理 (114)

 第五节 裂谷盆地晚冰期构造-岩相古地理 (118)

 第六节 裂谷盆地沉积地球化学特征 (123)

第四章 沉积盆地演化 (138)

 第一节 盆地基本结构 (138)

 第二节 控盆构造特征 (139)

 第三节 盆地演化 (142)

第五章 矿产资源效应分析 (148)

 第一节 成矿地质背景分析 (148)

 第二节 主要矿产资源特征 (153)

 第三节 成矿规律分析及资源效应 (161)

第六章 结 语 (170)

主要参考文献 (172)

绪 言

一、概况

随着 20 世纪 90 年代初兴起的全球 Rodinia 超大陆研究的新进展,华南中新元古代造山事件及新元古代沉积盆地性质的问题已显得越来越重要,它不仅仅是华南本身地质演化规律问题,而且是关系到全球构造演化及古大陆重建的重大问题。以西澳大利亚大学李正祥(1995)为首的一批中外学者,应用华南构造-地层分析对比、古地磁极移轨迹及同位素地球化学等方法,在重建的中元古代末全球 Rodinia 超大陆中,不但肯定了华南古大陆与超大陆具有密切关系,而且还提出了华南古大陆在 Rodinia 超大陆中的可能位置。于是,王剑(2000)对华南新元古代沉积盆地的性质展开了全面研究,运用构造-地层分析法、结合高精度离子探针定年数据,重建了华南沉积盆地的年代地层格架,并在上述研究的基础上,提出了华南新元古代裂谷盆地的演化模式,对华南新元古代裂谷盆地的形成演化与 Rodinia 超大陆解体的关系进行了探讨。近 15 年来大量的专家学者(唐晓珊,黄建中,1995;王剑,2000;贾宝华等,2005)关注华南的板溪群及其相当层位的研究,并取得了重要的进展和研究成果。最近开展的矿产资源潜力评价成矿地质背景总结和《湖南省区域地质志》修编亦有相关成果展示,特别是一批高精度定年数据的取得,进一步丰富和修订了新元古代年代格架。但对武陵运动及其后的沉积盆地的性质和演化,尤其是对矿产资源的控制规律仍然是一个需要不断深化认识和研究的问题。

(1)以往的研究认为板溪群与高洞群是相变关系,但在扬子东南缘却没有发现过渡相带,下江群以及江西东桥一带的板溪期沉积是否为过渡相,相配置是否符合原型盆地演化特征,深入研究并编制详细的岩相古地理图,将有助于华南扬子古大陆边缘演化研究和资源预测。

(2)板溪群地层划分已有较为详细的资料和基础,认为板溪群属于晋宁运动后的裂陷盆地沉积,具有准盖层的特征。按照岩石组合特征可分为北“红”、南“黑”两大系统,其分界在怀化—溆浦—双峰一线,但二者之间几乎没有发现过渡关系。而在新晃—芷江断裂以南、洪江—溆浦断裂以西,板溪群下部和上部均发育大量的火山碎屑沉积,相应的沉积厚度也较大,延入贵州称其为“下江群”。这与其北侧火山-碎屑沉积只发育在底部和中上部的“红板溪”地层系统以及东南部的高洞群显著不同。对于它们在区域上的展布、划分、对比,是否向西北存在依次超覆而构成区域上的“楔状地层”,还有大量的基础工作要做。如黔东南的隆里组,厚达 1 400 余米,是富禄组砂岩还是牛牯坪组的相变,板溪群与高洞群底界的时限是否一致,湘东北是否存在板溪期沉积以及其特征如何,株州地区含安山质火山碎屑的杂砾岩与宝林冲的砾岩、临湘陆城砾岩、永和地区的砾岩夹紫红色板岩是否为同期异相沉积,等等。

(3)芷江北侧的西晃山地区,曾经在 1:20 万区域地质调查过程中发现板溪群五强溪组与下伏马底驿组之间存在假整合,二者之间存在暴露侵蚀作用标志,发育滞留砾岩。而在该区东北部五强溪地区也被认为存在假整合—不整合,故而曾将该不整合命名为“西晃山运动”。这些地质现象在怀化—溆浦—涟源以南地区从未发现过,表明它在古构造环境及其演化上应该是存在差别的。无独有偶,深部资料推断,在麻阳—益阳—浏阳一带存在一个类似古火山岩特征构成的异常带,认为可能是武陵期的陆缘火山弧。由此对于最早的盆地原型推断是否为近东西向还需要证实。

(4) 尽管沉积学研究是解决盆地性质与构造演化非常重要的直接证据之一,但是,与南华新元古代中期(大致相当于 820~635Ma 之间)沉积盆地性质密切相关的沉积学研究还相对较薄弱。

(5) 对于板溪群已获得的 U-Pb SHRIMP 年龄均小于 814Ma,表明原型盆地裂解启动时间不晚于 814±12Ma(王剑等,2001,2003)。但高涧群中下部黄狮洞组顶部的沉凝灰岩,获得的 U-Pb SHRIMP 年龄是 828Ma,而在湘西南侵入高涧群中的花岗闪长岩-二长花岗岩 U-Pb SHRIMP 年龄有 806Ma、835Ma、840Ma 等数据。显然,高涧群与板溪群二者的划分、对比以及盆地的演化远比以往的研究要复杂,高涧群与板溪群底界的时限并非一致。因此,扬子陆块、华夏陆块初始裂解时间以及不同区段接受沉积的时间并未得到最终确认。

(6) “南华冰期”地层的研究存在类似的问题,即底界年龄,从长安组-莲沱组的关系、相变、超覆层位和时限;雪峰运动及其性质;大塘坡组在区域上的变化和含矿性以及盆地演化中的地位;南沱组与下伏层的关系及其岩相;同沉积断裂构造对沉积相的控制作用等,均属于尚待深入研究的问题。

据此,中国地质调查局成都地质调查中心申请了计划项目“华南扬子古大陆演化及其资源效应”专项研究,本工作项目属于其资助课题。

二、目标任务及研究方法

(一) 总体目标

系统收集分析扬子陆块东南缘(湘、桂、黔)新元古代 1:5 万、1:20 万和 1:25 万区域地质矿产资料及最新科研成果,采用事件地层、年代地层、岩石(构造)地层和沉积相分析方法,重点分析新元古代早中期沉积充填序列、岩相古地理特征,重新修订新元古代区域地层格架,在此基础上编制新元古代岩相古地理系列图件,探讨其形成演化的大地构造环境及其成矿响应。

(二) 研究范围

研究区范围:按照计划项目“华南扬子古大陆演化及其资源效应”的科学目标和工作要求,研究区范围为东经 109°00′—114°30′,北纬 24°00′—30°40′。

大地构造位置:研究区位于江南造山带中段湘、黔、桂地区,扬子陆块东南缘(图 0-1),地理地质条件优越,是解决扬子陆块东南缘沉积盆地形成演化的关键地区之一。

地层格架范围:参照国际地层年代表,将区内约 820~635Ma 时限内沉积物统归为“南华纪(系)”,含板溪期(板溪群)、南华冰期沉积,即“武陵运动”界面之上到南沱冰碛泥砾岩及其以下的地层为本次地层格架研究范围。

(三) 工作思路

(1) 从沉积盆地分析入手,研究扬子陆块东南边缘盆地演化史,以确立扬子陆块与华夏陆块北缘新元古代盆地演化模式。

(2) 以岩相古地理分析为主要途径,特别是通过沉积盆地古流向分析,确立扬子陆块及华夏陆块北缘的层序地层格架、地层区域对比模式和相与环境的演化特征;运用活动论观点,重建各时期古地理轮廓。

(3) 运用高精度离子探针定年(SHRIMP)数据,建立新元古代时期与盆地构造演化有关的地质年代学格架,特别是解决关键地层、重要地质事件的年代学问题,为盆地演化时空框架的建立提供重要依据。

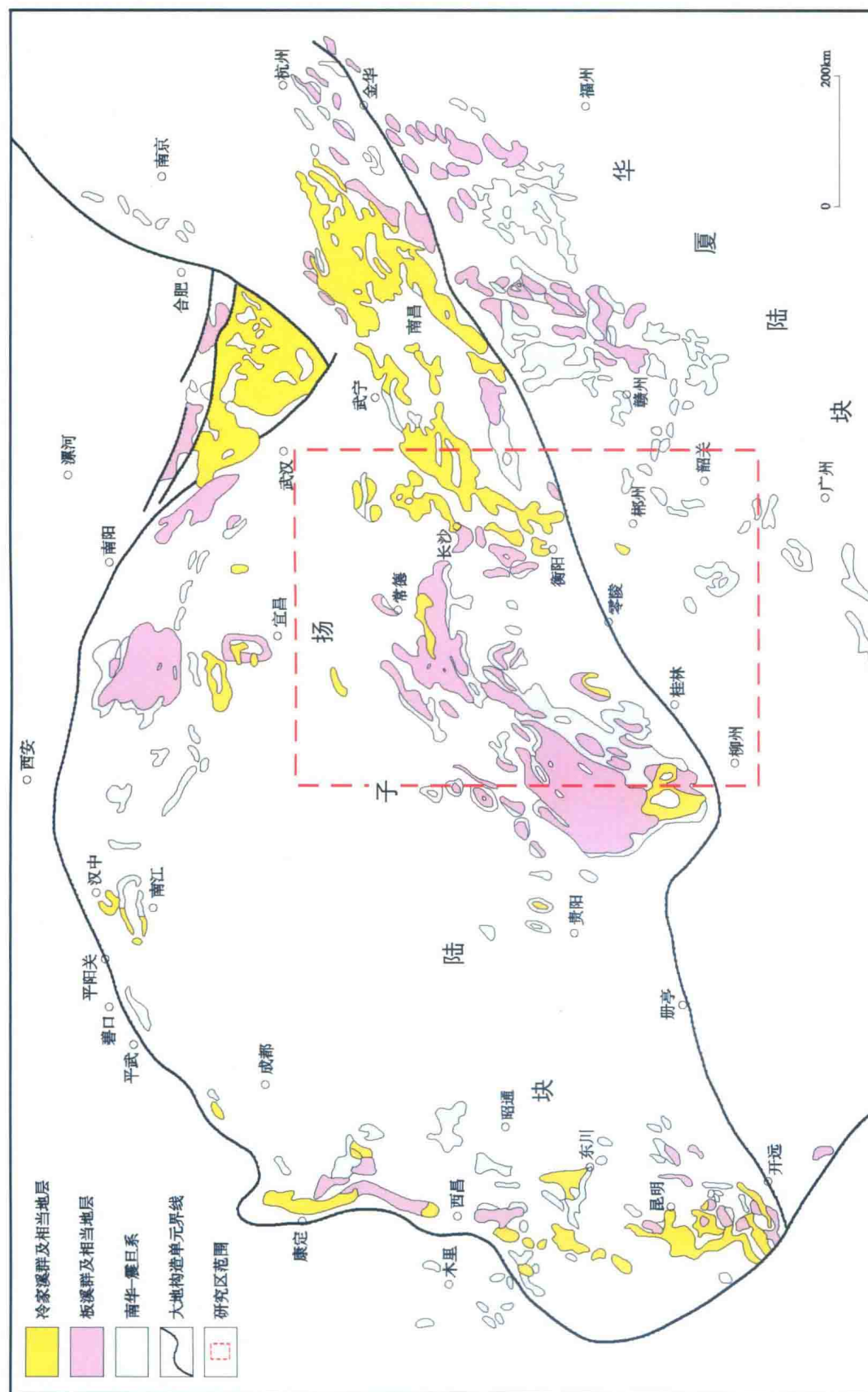


图 0-1 研究区范围及大地构造位置

(4)运用元素地球化学、同位素地球化学及同位素年代学方法,结合地质记录参数,探讨华南新元古代盆地演化过程中的壳幔物质来源、交换与转换特征,为盆地演化框架的建立提供物质成分方面的证据。

(5)通过沉积盆地分析,探讨沉积盆地构造沉降、沉积充填、海平面变化之间的关系。

(6)通过对扬子陆块东南缘的盆地演化和沉积岩相的分析研究,建立相关矿产资源的成矿模型,指导区域上的资源潜力预测与找矿勘查工作。

(四)技术路线

以研究区开展的1:25万、1:20万、1:5万区域地质调查为基础,强化野外调研,结合室内实验测试工作,对扬子基底古大陆进行多学科综合分析研究,探索其拼合与裂解的造山史及盆地演化史。

(1)运用沉积学、大地构造学、同位素及元素地球化学等基础理论,通过构造-地层对比分析、岩相古地理演化分析、层序地层分析、元素及同位素地球化学分析和定年分析等方法,重建扬子基底古大陆演化模式,并通过与华南超大陆裂解同期相邻陆块群沉积演化史及构造演化史的对比研究,拟揭示扬子基底古大陆演化与华南超大陆解体之间的关系。

(2)开展研究区内的构造地层填图分析,以关键科学问题为研究出发点,制订特定的非正式填图单位与填图要求,最终获取研究区第一手必要的构造、地层、岩石等方面的实际资料。

(3)在上述工作的基础上,运用 SHRIMP 定年技术、盆地分析、构造地层分析等技术方法,开展以下3个方面的研究。首先,探讨武陵运动与扬子古大陆在 Rodinia 超大陆拼合中的相对位置、相互联系及相互作用;其次,研究新元古代裂谷作用与超大陆解体的关系,特别是裂谷作用的开启年代、扬子陆块与华夏陆块的分离等重要地质问题;最后,建立扬子陆块东南缘裂谷盆地的演化模式。

三、取得的主要技术创新、进展及认识

(一)地层划分对比

(1)在综合分析扬子陆块东南缘南华纪地层划分的基础上,提出了板溪群的划分对比方案,将湘北杨家坪—临湘陆城一带岩性为石英砂岩夹板岩、沉积相主体为河流相—滨岸相的沉积组合划分为张家湾组,与古丈—沅陵—桃江一带的五强溪组相对应,锆石 U-Pb SHRIMP 年龄 809~802Ma。剖面上它显示出板溪晚期在盆地边缘的沉积超覆,进一步佐证沉积盆地充填序列的三维楔状体态特征。

(2)通过对研究区内的高涧群、板溪群的资料收集与综合分析,认为高涧群沉积序列是从较开阔的深-半深水浊流相到陆棚相钙质砂岩建造,再到局限陆棚滞留盆地相。这是一个明显的连续的海退序列,与下伏冷家溪群之间似不存在沉积暴露(构造抬升)间断(事实上也是假整合)。由此分析,高涧群有可能是武陵造山带外残余盆地沉积。在高涧群分布区,冷家溪群与高涧群的沉积可能是连续的,它只存在相和物质建造上的差别。在湘西南地区与高涧群呈侵入关系的新元古代花岗岩和花岗闪长岩年龄分别为 835Ma、840Ma,从另一个角度佐证了上述分析结论。故此推断高涧群沉积时限可能要早于 820Ma,也就是说扬子东南缘南华纪的底界时限要早于 820Ma。裂谷盆地启动时间可能在 830Ma 左右,接受沉积的时间可能稍晚,在 828~825Ma 之间。这与峡区花山群底部玄武岩 825Ma 的时间以及张玉芝等(2010)对江南隆起带新元古代碰撞作用结束时间(835±12Ma)的研究结果基本匹配。

(3)长安组为扬子东南缘确认的一套冰源相碎屑沉积,其精确沉积时限对于了解华南新元古代冰期的起点时间和演化历程具有重要意义。以往限于定年技术的精度和测试对象的稀缺,长安组的年龄一直少有报道。最近在湘中碧溪地区发现长安组下部存在沉凝灰岩夹层,获得了大量岩浆型锆石,对其进

行了高精度锆石 LA - ICP - MS 与 SHRIMP U - Pb 同位素年代学对比研究。结果表明,其锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{Pb}$ 加权平均年龄分别为 $751\pm 5\text{Ma}$ 、 $764\pm 10\text{Ma}$ 。综合分析相关地层的最新年龄数据可以确定(高涧群顶部 758Ma 、古丈辉绿岩 765Ma 等)长安组可与西北地区、澳大利亚 Sturtian 冰期的年龄进行比较。沉积旋回分析表明,长安组底部沉积物具有典型的重力流特征,沉积速率较大。结合相关地质证据分析认为,长安组的底界年龄置于 760Ma 较为合适。据此提出了南华冰期地层的划分对比方案(表 0-3)。

表 0-3 南华冰期地层对比表

地层	冰期对比			扬子区		江南区		东南区	年龄 (Ma)
	澳大利亚	中国东部	中国西部	鄂西南	湘西北	湘中-桂北	赣中南	湘东南	
震旦系				陡山沱组		金家洞组	坝里组	埃歧岭组	635
南华系	Marinoan 冰期	南沱冰期	特瑞爱肯冰期	南 沱 组			大沙江组	正园岭组	
	Sturtian 冰期	间冰期		大塘坡组(锰)			下坊组 (铁)	天子地组	
		长安冰期	贝义西冰期	古城组		富禄组(铁)			
				富禄组					
						长安组	古家组	泗洲山组	
	板溪群	帕尔岗塔格群	板溪群		高洞(丹州)群	神山组	大江边组	760	

(4)通过对赣西东桥至南坑一带的长安组及其下伏地层的野外调查,确认其沉积相特征和含矿性均与湘中一带完全一致,板溪期沉积属于高涧群序列,完全可以划分出相应的岩石地层单位;上覆南华冰期沉积(江西称杨家桥组 Nh_2y)也可以划分出长安组(含砾岩系;照片 1 至照片 3)、富禄组砂岩(夹铁矿层,新余式)、大塘坡组(灰绿色板岩夹灰岩;照片 4)、南沱组,而且划分标志基本一致。从而推断扬子被动陆缘斜坡带在板溪期边界至少应外推至萍乡-衡阳之东南地区。湖南桂阳县泗洲山地区的大江边组(黑色碳质板岩夹纹层状灰岩)如果属于盆地相,其东南侧有可能属于一个具有不成熟地壳的海盆,抑或多岛型海盆地,可能并不存在一个典型的和具有一定规模的(华夏)古陆块。也就是说扬子东南缘武陵运动可能是弧(岛)-陆碰撞体制,造山期后进入伸展体制形成一个断阶式的陆缘裂陷盆地,而不是一个陆间盆地。这个盆地在演化至早古生代中晚期,沿武夷-云开一线不成熟地壳在大洋板块俯冲碰撞下形成褶冲带并不断隆升,使扬子东南缘陆缘裂谷盆地转化为前陆盆地,最终盆地在志留纪中晚期关闭。



照片 1 东桥长安组(右)与岩门寨组(左)
假整合接触(倒转产状)



照片 2 江西南坑长安组中的砾石



照片 3 江西东桥广寒寨长安组含砾岩系



照片 4 江西南坑大塘坡组灰岩中的褶皱(滑塌?)

(二) 沉积岩相与古地理

(1)通过剖面修测,收集了大量的岩相资料(照片 5)。确认临湘陆城板溪群张家湾组剖面的下部为河流-河口湾相,区域对比层位可能与五强溪组相当,临湘地区的南华系层序清楚,以临湘向斜为界,南、北两侧相差异明显,其中最典型的是北侧大塘坡组中夹大量凝灰岩而没有含锰钙质岩系。

(2)通过路线调查,发现株洲杨林冲、石塘一带的板溪群底部为山麓相杂砾岩与块状杂砂岩互层夹不稳定板岩,具块状层理且往上单层减薄。下部砾岩中见长条状、滚圆状安山岩砾石。中上部砾岩中扁平状砾石具叠瓦状构造,复平后反映出水流大致自北东向南西流动,说明北东侧为隆起区。总体上由下往上,沉积相由山麓相—河流相—河口湾相—盆地边缘相(紫红色板岩)变化。

(3)通过对马底驿地区的板溪群底部横路冲组剖面的相分析,认为该组是一套由山麓-河流-河口湾相组合。岩性由杂砾岩-砾岩、砂砾岩、泥质岩-泥质岩与细碎屑岩系(照片 6)的组合物。总体上构成向上变细的层序组合。板溪群与下伏冷家溪群为高角度不整合,二者在变形(照片 7)变质方面存在明显的差别,构造层次不同。



照片 5 陆城剖面下部河流相
二元结构基本层序



照片 6 横路冲组水道沉积序列
(沅陵县马底驿)



照片 7 横路冲组下伏冷家溪群尖棱褶皱
(沅陵县马底驿)

(4)综合分析了湘中北地区板溪群下部(马底驿)旋回的相,认为本旋回由早、中、晚、末4个各具特色的沉积序列组成。由低水位体系域到海侵体系域再到高水位体系域,组成一个完整的沉积旋回。

板溪群下部(马底驿)旋回由北向南依次从河流相—潮间砂泥坪—陆棚盆地边缘斜坡相展布。沉积体系具有由低水位—海侵—高水位体系域的完整变化。这种变化在古丈—沅陵一线表现得最清晰,在古丈地区,通塔湾组上部为典型的进积结构,向上砂岩增多,单层增厚,浅水相标志发育;上覆五强溪组为典型的河流—河控三角洲沉积。这种特征和变化可以较好地解析芷江—溆浦—桃江以北地区存在的五强溪组与下伏地层假整合(曾称西晃山运动)现象,它可能就是海平面下降在沉积滨线坡折带附近形成快速进积相序叠置形成的体系域界面。这为华面板溪期地层划分和沉积相与盆地构造演化分析提供了基础资料。

(5)对雪峰山东南缘的洪江组进行了相研究,依据其反映的沉积构造特征:十分发育的底蚀构造、砾石的成层分布及粗尾递变现象(照片8)、石线构造等,认为属于重力流成因,物源与冰期堆积物有关,属于改造了的冰成沉积物。具备此特征的洪江组主要沿怀化—溆浦—双峰一线分布。其成因应与同沉积期的构造作用和原始盆地的古地理地貌有关。



照片8 溆浦地区洪江组砾石的成层分布及递变现象
(1:5万麻溪铺幅;孙海清摄)

依据上述资料的分析和综合,划分了南沱期岩相古地理概貌:大体上以花垣—大庸一线为界,北侧为陆地冰川沉积(冰内带),以东至新晃—溆浦—双峰一线之间,为冰水平原相沉积(冰前内带),其特征是冰碛物经过了改造,并在中上部夹有显示牵引流沉积特征的似层状—透镜状长石石英砂岩层。湘中盆地则为典型的重力流沉积(冰前外带),发育各类相关沉积构造标志,属于“冰源重力流”沉积体系;而在茶陵—衡阳—桂林一线之东南,已属于浮冰相沉积,在正常海相沉积物中夹含砾板岩类岩石,属于冰外带。

据此,由湘西北向东南初步划分出陆内冰川相、冰前内带冰水相、冰前外带冰源重力流相、冰外冰海浮冰相,建立了相应的沉积模式。

(三)盆地演化

(1)通过综合分析,认为新元古代早中期“南华纪”扬子东南缘沉积盆地是一个建立在稳定大陆壳上的陆缘裂谷盆地。陆缘伸展构造对沉积盆地的相有明显的控制。主体有两个断裂体系:一组为北东向,另一组为北北东向,分别控制了板溪期、南华冰期的沉积盆地和沉积相。

板溪期盆地伸展方向为北西—南东,控盆构造主要有凤凰—慈利断裂带、芷江—溆浦断裂、溆浦—双峰断裂以及攸县—衡阳断裂带等。

南华冰期沉积盆地伸展方向为近东西向,形成北北东向与北西向构造联合控制态势,如凤凰—大庸断裂带、洪江—溆浦断裂带等。在伸展的早期,有一次较强烈的基性—超基性火山岩侵入,时限在765Ma左右,即龙胜—洪江基性岩带、沅陵—走马岗基性岩带等。伸展作用形成的断裂带对长安组、富禄组、南沱组的沉积相有明显的控制作用,相应也控制了该期锰矿、铁矿的形成与分布。这一成果为沉积矿产资源潜力分析与评价提供了基础资料。

(2)通过对研究区内的火山—侵入基性—超基性火山岩的资料收集与综合分析,认为“南华纪”沉积盆地总体上建立在武陵运动奠定的较成熟地壳上,初始伸展形成的宝林冲火山岩代表了一种初始裂谷构造环境,为武陵造山期后扬子陆缘初始裂解的产物,形成的时间大约在830~814Ma之间。以此为起点,在扬子东南缘发育了一个断阶式大陆边缘陆坡环境,接受来自北部古大陆的剥蚀堆积,形成一套次

稳定型陆缘碎屑沉积,构成了一个完整的沉积旋回序列。而在“南华纪”中期(板溪期末)的伸展作用,沿桂北—湘西展布的大量火山—侵入基性岩类,属于低钙铝质、强碱—碱质的碱性玄武岩类,少部分为钙碱性或拉斑玄武岩。地球化学特征反映其形成于陆内裂谷环境,是“南华纪”中期盆地进一步伸展的产物,时限在 765Ma 左右。至此,盆地完成由武陵运动形成的挤压造山—造山后的初始裂解向全面伸展的体制转换。此后,裂谷盆地进入调整期发展阶段,接受寒冷气候下的以冰成沉积物为主并向扬子古大陆一侧依次超覆的沉积序列。

(3)通过对城步地区高涧群的资料收集与综合分析,认为在城步云场里地区黄狮洞组中,不存在中基性火山岩和酸性火山岩。总体上岩石组合与湘中石桥铺地区相当层位基本一致。在其上的砖墙湾组、岩门寨组顶部见有厚度较小的凝灰岩夹层,采集了同位素样品,获得锆石 SHRIMP U—Pb 年龄 793Ma、758Ma 的数据,较好地约束了高涧群年代格架的中间界线和顶界,也构建出了盆地演化的时空框架。

(4)板溪群与高涧(丹洲)群的底界时限是否一致,以往还没有直接在高涧群底部获得可靠的年龄数据。王剑等(2001,2003)推断原型盆地裂解启动时间不晚于 820Ma。但最近在湘西南获得侵入高涧群中的花岗闪长岩—二长花岗岩锆石 LA—ICP—MS、SHRIMP U—Pb 年龄分别为 835Ma 与 840Ma。显然,高涧群与板溪群二者的划分、对比以及盆地的演化远比以往的认识要复杂,初步认为高涧群沉积时限可能要早于 820Ma。据此展开了石桥铺组同位素年代学研究,依据采集的样品分析,获得 SHRIMP U—Pb 年龄 828Ma、825Ma 的数据。这显然比以往的数据要大。据此认为,依据扬子陆块内部和陆架边缘的板溪群底界的年龄数据推定的裂谷盆地启动时间可能仅代表着裂谷充填超覆的起点时间。结合沉积学研究资料,认为“南华纪”裂谷盆地有可能是叠加在残余盆地上的,裂谷盆地启动时间可能在 830Ma 左右,接受沉积的时间可能在 828~825Ma 之间。

(5)通过对湘中盆地长安期岩相古地理的分析研究,认为该期处于裂谷盆地充填序列的转换时期。在板溪期末,从岩相资料来看,曾出现了一定规模的海平面下降,形成了一套较为典型的高水位体系域末期粗碎屑沉积,并由下往上发育变形层理、滑动构造、块状构造(照片 9 至照片 12)。岩性依次出现砂质板岩、泥质粉砂岩、砂岩、含砾或岩块的砂岩、凝灰质砂岩、含砾长石石英砂岩。由岩相特征分析,板溪期末发育的是一个完整的高水位体系域,指示该期海平面的下降,且在末期下降速率较快。其成因可能与全球海平面下降或区域伸展导致沉积盆地的局部裂解下沉有关。据此从层序地层角度提出了长安组底界划分方案。



照片 9 粉砂岩中的变形沙纹层理



照片 10 板岩之间的砂岩夹层产生滑动变形



照片 11 块状含砾砂岩



照片 12 凝灰质长石石英砂岩

(6)依据裂谷盆地沉积充填序列的纵横向变化、盆地结构和盆地发展演化阶段特征,提出了扬子东南缘裂谷盆地形成的动力学机制以及盆地演化模式,认为是地幔柱作用下,在古陆块边缘形成伸展应力场,早期汇聚时期形成的北东向断裂伸展,造成陆缘垮塌而形成断阶式陆坡环境,属于陆缘裂谷体系,接受陆缘碎屑充填并依次向北西超覆变新,形成楔状地层体。在板溪期末进入调整期,接受冰期沉积。此后盆地逐步向加里东期前陆盆地转化、发展。

(四)资源效应

(1)沉积矿产受控于沉积环境,沉积环境又受到盆地性质和演化过程中的地球化学条件影响,从而在不同的阶段形成不同的矿产资源。扬子东南缘新元古代与沉积作用有关或赋存于该期沉积地层中的层控型矿产,较为典型的有锰矿、铁矿、铜矿、金矿、钨矿、铅锌矿,南部深海盆地还可能有页岩气。对这些矿产资源的特征、找矿标志进行了初步总结,分析了成矿规律,为区域矿产资源评价提供了资料。

(2)初步研究了控盆构造对沉积矿产的控制作用,为沉积矿产资源潜力分析与评价提供了基础资料。通过综合分析,初步认为新元古代“南华纪”早中期扬子东南缘沉积盆地是一个受陆缘伸展构造控制的陆缘裂谷盆地。控盆构造主体有两个断裂体系,一组为北东向,另一组为北北东向。前者控制板溪期,后者控制南华冰期的沉积盆地演化和沉积相的空间展布。同时,构造对矿产的控制亦十分明显。板溪期盆地伸展方向为北西-南东,控盆构造主要有凤凰-慈利断裂带、芷江-溆浦断裂、溆浦-双峰断裂以及攸县-衡阳断裂带等。这些构造除了在沉积盆地演化期间对沉积相产生控制外,在后期地壳演化阶段对深部成矿流体和赋矿场所的控制亦十分明显,在某种程度上,板溪群钙质岩系为金、铅锌铜提供了赋矿场所;南华冰期构造古地理控制了锰矿(花垣式、湘潭式)、铁矿(江口式、新余式)的分布;而控相的深大断裂对后期的铅锌矿主要提供了成矿流体通道,如湘西北地区沿花垣-大庸断裂分布赋存于下古生界的层控热液改造型铅锌矿、沿湘黔大断裂分布受震旦系底部碳酸盐岩建造控制的董家河式铅锌矿都与基底控相构造有着密不可分的联系。

本书系全体编制人员的集体成果,黄建中、孙海清负责全书架构谋划、提纲厘定、编校、统稿和审定。绪言和第一章由黄建中、孙海清编写;第二章第一节由罗来编写,第二节由张晓阳编写,第三节由马铁球、孙海清编写;第二章第四、五节,第三章、第四章由孙海清编写;第二章第六节和第五章由陈俊、孙海清编写;第六章由孙海清编写;资料整理、数理统计、插图等主要由罗来、沈桂昌、贺良、刘南、郭乐群、肖海云、苏晓燕、熊飞燕、马慧英等完成。

本专题是在《湖南新元古代板溪群》(唐晓珊,黄建中,1993,内部出版)专题研究的继续、拓展和深化,专题立项伊始就得到了中国地质调查局成都地质调查中心领导的大力支持与关怀;工作过程中得到了中国地质调查局成都地质调查中心王剑研究员、江新胜研究员,中国地质科学院高林志研究员,中国地质调查局天津地质调查中心陆松年研究员,中国地质调查局南京地质调查中心高天山研究员以及中

国地质调查局成都地质调查中心汪正江副研究员的指导;以及中国地质调查局成都地质调查中心地质室的伍皓和各位同仁均给予了极大的支持和帮助;贵州省地质调查院陈建书高级工程师、湖北省地质调查院邱艳生教授级高级工程师协同参加了部分野外研究工作;SHRIMP、LA-ICP-MS 同位素分析、阴极发光图像分别得到了北京国家地质实验测试中心、北京离子探针中心、西北大学大陆动力学国家重点实验室有关人士以及汪正江副研究员的帮助;岩矿鉴定、岩石化学分析由湖南省资源规划局承担。

本书编制过程中还应用了不少兄弟单位及个人的工作与研究成果,在此一并表示最诚挚的谢意。同时谨以此书的出版对为湖南省前寒武纪地质尤其是板溪群及其相当层位研究做出贡献的唐晓珊先生致以崇高的敬意!

第一章 大地构造背景及构造演化

第一节 区域地质概况

华南, 俗指中国南方地区, 是东亚主要的大陆块体, 基底由扬子陆块及华夏陆块组成(王鸿祯等, 1981, 1982, 1984, 1986, 1995; 黄汲清等, 1977; 任纪舜等, 1980, 1989; 张国伟等, 2013), 有着复杂的地质构造演化历史, 在早前寒武纪多块体构造复杂演化的基础上, 自中、新元古代以来长期处于全球超大陆聚散与南北大陆离散、拼合的交接转换地带的总体构造动力学背景中, 受自中生代以来的现代全球板块构造演化的影响, 现今的华南古大陆处在全球三大重要板块的汇聚拼合部位, 遭遇西太平洋板块西向俯冲和青藏高原形成与印-澳板块北向差异运动的夹持。这一总体动力学体制控制了其在先期构造基础上演变成现今华南大陆基本构造格架。

华南扬子古大陆长期复杂的演化历史使其形成了独特的大陆构造, 即显生宙由三层盖层和前寒武纪由双层不同基底构成。尽管如此, 现今的基本地质组成与结构表明, 华南古大陆经历了长期、多期次的构造变动, 不同演化阶段经历了不同性质与规模的构造运动复合、叠加与改造, 呈现出复杂多样的特点(张国伟等, 2013)。尤其是前寒武纪古大陆的大地构造演化、在全球超大陆重建中的位置、古老沉积地层的属性与归属等, 记录了中国华南古大陆的地质演化史, 其拼合(造山作用)与解体(裂谷作用)是当前国际地学界研究华南超大陆的聚合与裂解、探讨晚前寒武纪时期裂谷作用、古大陆形成与解体、早期生命起源、资源分布及环境效应等的热点问题。

全球 Rodinia 超大陆假说(Mcmenamin et al., 1990; Moores, 1991; Hoffman, 1991)提出以来, Li Z X 等(1995)首次将中国华南古大陆的演化纳入全球构造演化系统中。近年来, 华南扬子陆块在全球元古宙超大陆聚合与裂解演化对比方面取得了丰硕成果。其中研究最多的是前寒武纪不同时期的构造-热事件, 在同位素年代学上取得了一定的共识。但在区域大地构造背景演化方面仍然存在不同的观点: 一种认为华南扬子古大陆在中元古代晚期—新元古代早期可能由系列微陆块发生俯冲、碰撞增生拼贴而成(刘锐等, 2009; Zhou J C et al., 2004, 2009; Sun Weihua et al., 2008; Zhou Meifu et al., 2006; Wang Lijuan et al., 2008; Xiao-Fei Qiu et al., 2011), 周缘具多岛洋系统的活动大陆边缘(Zhou M F et al., 2002a, 2002b, 2006a, 2006b; 马瑞士, 2006; 周金城等, 2003a, 2003b, 2005a, 2005b; Xiao-Fei Qiu et al., 2011; Wei Wang et al., 2012), 于中元古代晚期开始关闭(楼法生等, 2003), 在约 820 Ma 整个华南多岛洋最终关闭形成统一的超大陆。超大陆汇聚过程中扬子板块与南澳大利亚相连, 而华夏板块及东南与印度板块对接(Jin Hai Yu et al., 2010); 另一观点认为华南位于 Rodinia 超大陆内一个超级地幔柱的核心部位之上, 地幔柱活动导致 Rodinia 超大陆在新元古代中晚期解体, 并“诱发”系列构造-岩浆事件(Li Z X et al., 1995, 2008), 肯定了华南在 Rodinia 再造模式的位置(Li X H et al., 2002, 2003, 2007; 张世红等, 2002; Zhang S H, 2004; Zhang S H et al., 2005; Wang J et al., 2003a, 2003b; 王剑等, 2000, 2001, 2003; 葛文春等, 2001a, 2001b, 2001c; Zhu W G et al., 2006; Li W X et al., 2005; 周汉文等, 2002)。

总之, 华南是在全球 Rodinia 超大陆汇聚拼合过程中形成统一的华南大陆板块的。因而中—新元古代 Rodinia 超大陆的聚散决定了原华南大陆板块的形成与分裂, 同时也决定了华南大陆板块在全球