

文章编号: 1009-3850(2012)03-0031-10

哥伦比亚超大陆在扬子陆块西缘的探秘

尹福光, 王冬兵, 孙志明, 任光明, 庞维华

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610081)

摘要: 在扬子陆块西缘的拉拉、小关河-东川、大红山等地区出露了3套古元古代 Statherian 期(1.6~1.8Ga)的浅变质岩系,被分别命名为河口群、通安组-汤丹群-东川群、大红山群。从2.0Ga至1.4Ga期间,其地质历史演化经历:(1)约2.2~1.8Ga的造山运动;(2)约1.7~1.5Ga发生的非造山裂解事件群;(3)约1.7~1.5Ga侵入到古元古代地层的基性岩墙群、层状侵入体事件;(4)因民、落雪地区,约1.5~1.2Ga发生的陆架裂陷事件;(5)上扬子古陆块西缘,约1.0Ga发生的碰撞造山事件。本文重点阐述了扬子陆块西缘1.8~1.6Ga时期大规模裂解事件群的性质、特点和同位素年龄数据,认为上扬子陆块裂解事件群的性质、特点和时代等特征与华北、北美、西伯利亚和西北欧有很大的相似性,并提出了古元古代扬子陆块与其它陆块曾经联合的证据。

关键词: 扬子陆块西缘; 哥伦比亚超大陆; 古元古代; 汇聚与裂解

中图分类号: P542.4

文献标识码: A

1 引言

1996年Rogers提出早于1.5Ga时,全球存在3个大的陆块群^[1]。2000年他提出哥伦比亚超大陆存在的可能性^[2],其是约从1.9~1.5Ga由Nena, Ur和Atlantica三个大陆块体群,通过逐步汇聚而形成的一个前罗迪尼亚古-中元古代时期的超大陆。从1.5Ga开始的裂解作用使哥伦比亚超大陆逐步破裂,并在1.0Ga左右这些破裂的大陆块体又重新汇聚形成罗迪尼亚超大陆。

与晚古生代联合大陆、古生代初冈瓦纳超大陆和中-新元古代罗迪尼亚超大陆重建的原则不同的是,在哥伦比亚超大陆重建中,基本没有古地磁和古生物的资料,而更多地强调了裂谷作用和造山作用的重要性。Rogers等^[3]从以下4方面阐述了重建哥伦比亚超大陆的证据:北美西部和印度之间的裂谷作用、哥伦比亚超大陆裂谷作用和破裂的证据、北美西部和印度-澳大利亚-东南极之间的造

山作用以及沿北美东部-波罗的、北美西南部和南美亚马逊西缘的大陆边缘的向外生长。并认为哥伦比亚超大陆至少有两个重要的碰撞带,一个界于北美西部(Nena的一部分)和东印、西澳和东南极之间(Ur的一部分);另一个碰撞带位于北美南部(Nena的一部分)和南美北部(Atlantica的一部分)。哥伦比亚超大陆的裂解在Ur发生于1.6~1.4Ga,而Atlantica与Nena裂解的时间尚不能确定,可能在1.5Ga左右。

中国南方,特别是上扬子陆块,是否存在古元古代基底,是否是哥伦比亚超大陆的一部分,一直有争议^[4-25]。本文引用了前人认为在上扬子陆块存在古元古代基底的证据与论述,重点阐述了扬子陆块西缘1.8~1.6Ga时期大规模裂解事件群的性质、特点和同位素年龄数据。认为上扬子陆块裂解事件群的性质、特点和时代等特征上与华北、北美、西伯利亚和西北欧有很大的相似性,并提供了扬子陆块与其它陆块曾经联合的证据。

收稿日期: 2012-08-22; **改回日期:** 2012-08-26

作者简介: 尹福光(1965-),男,研究员,主要从事区域地质、构造地质学研究。E-mail: yfuguang@126.com

资助项目: 本文为国家973项目(编号:2009CB421003)、中国地质调查局地质调查项目(编号:1212010610213、1212011121110)及国家自然科学基金项目(编号:40773001)共同资助的成果

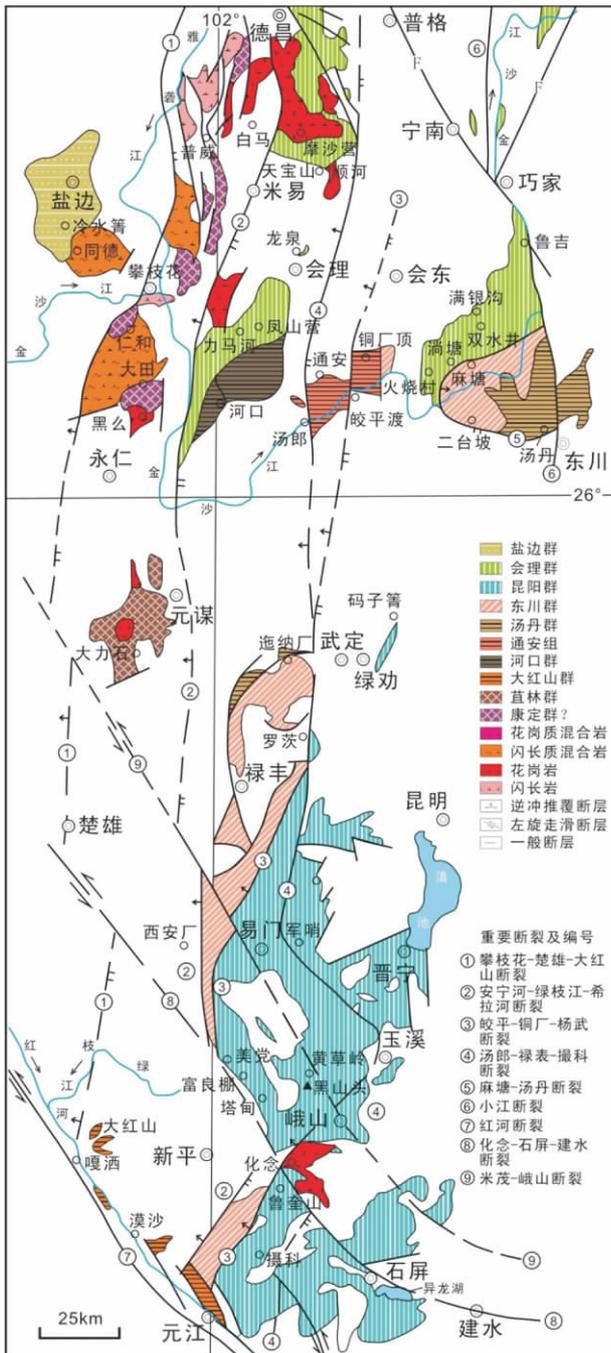


图1 扬子陆块西缘隐生宙简略地质图(据李复汉修改, 1998)

Fig.1 Simplified geological map of the western margin of the Yangtze landmass during the Cryptozoic (modified from Li Fuhan, 1998)

2 地质背景

在上扬子陆块西缘的康定-攀枝花-元谋-易门等地南北向狭长地带,即传统的“康滇地轴”地区,断续分布着元古宙地层,主要由浅变质的沉积岩夹

同沉积火山岩组成。由古、中元古代的河口群、大红山群、东川群、昆阳群、会理群为代表的3套浅变质火山-沉积岩系组成(表1),构成了上扬子陆块前寒武纪基底^[5,8-10,12,16,25,42]。

在扬子陆块西缘拉拉、小关河-东川、大红山等地区出露了3套古元古代 Statherian 期(1.6~1.8Ga)的浅变质岩系,分别命名为河口群、通安组-汤丹群-东川群、大红山群。目前,锆石 SHRIMP U-Pb、LAM ICP-MS 年龄测定、地层时代的厘定及物源分析等方面取得了重大进展。在大红山群中获取了岩浆岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $1675 \pm 8\text{Ma}$ ^[26],在河口群上部获得钠长浅粒岩 $1987 \pm 8\text{Ma}$ 的颗粒锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄值^[15],及 1712Ma 的锆石 U-Pb 模式年龄^[9],石英角闪岩锆石年龄 (1722Ma) 限定为古元古代晚期火山-沉积地层^[27]。侵入汤丹群的辉绿岩中锆石的 SHRIMP U-Pb 年龄为 $1676 \pm 13\text{Ma}$ ^[28] 和 $1690 \pm 32\text{Ma}$ ^[29],即辉绿岩侵入时代为古元古代末期。东川群中黑山组凝灰岩中岩浆锆石的 SHRIMP U-Pb 年龄为 $1503 \pm 17\text{Ma}$ ^[30]。

3 非造山裂解事件群

3.1 小关河-东川古元古代裂谷

从四川的小关河沿菜籽园到云南汤丹的近东西向带,分布两套地层:东边小关河至菜园园地区为通安组,云南东川地区为汤丹群。

1. 小关河-沿菜园园古元古代洋盆

出露在菜园园-麻塘断裂带中的通安组是扬子地块西南缘褶皱基底的重要组成部分,为深海-半深海相细碎屑岩,夹有裂谷型的基性和酸性双峰式火山岩组合^[21],以及钙屑浊积-碳酸盐岩透镜体。可分为5个岩性段^[7],各段的主要岩石组合和相互接触关系如图2所示。通安组一段:下部为粉砂质板岩,向上为中薄层状白云岩和白云质灰岩;该段上部以页岩为主。通安组二段:下部主要是泥质白云岩、白云岩和白云质灰岩组成;中部主要是页岩、板岩夹大理岩;上部为砂岩、板岩、页岩夹白云岩。通安组三段:下部以粉砂岩-砂岩组合为主,夹薄层火山凝灰岩;中部以板岩为主,其中夹有薄层凝灰岩,并有基性岩脉顺层侵入;上部白云岩为主。通安组四段:以中厚层状灰岩为主,夹少量薄层泥质白云岩和泥质灰岩,局部夹少量泥质页岩。通安组五段:下部以砂岩-粉砂岩为主,夹薄层板岩;中部以板岩和页岩为主,夹薄层火山凝灰岩;上部以板岩为主。

表 1 康滇地区前南华纪地层划分沿革表

Table 1 The schemes for stratigraphic division of the pre-Nanhuan strata in the Xikang-Yunnan zone

	吴懋德等 (1990)	云南地质志 (1990)	有色314队陈天佑等 (1990)	李复汉等 (1988)	从伯林等 (1998)	四川地质志 (1990)	本文	
新元古界	上昆阳群 华家箐组 柳坝塘组			大营盘群	天宝山组 风山组 力马组 双水并组 通安组 河口组			
中元古界	唐房运动 美党组 大龙口组 黑山头组 大营盘组	上昆阳群 大营盘组	上昆阳群 麻地组 小河口组 大营盘组	三风口运动	渡口杂岩	会理群 天宝山组 风山组 力马组 河口组	满银沟运动 美党组 大龙口组 黑山头组	通安组
	下昆阳群 绿汁江组 鹅头厂组 落雪组 因民组		下昆阳群 美党组 大龙口组 黑山头组 黄草岭组	小黑箐运动 青龙山组 黑山组 落雪组 因民组 东川运动			东川群 青龙山组 黑山组 落雪组 因民组	
古元古界	龙川运动 龙川群 苴林亚群 大红山亚群	下昆阳群 大红山群 苴林群	下昆阳群	小官河运动			河口群 汤丹群 酒海沟组	大红山群

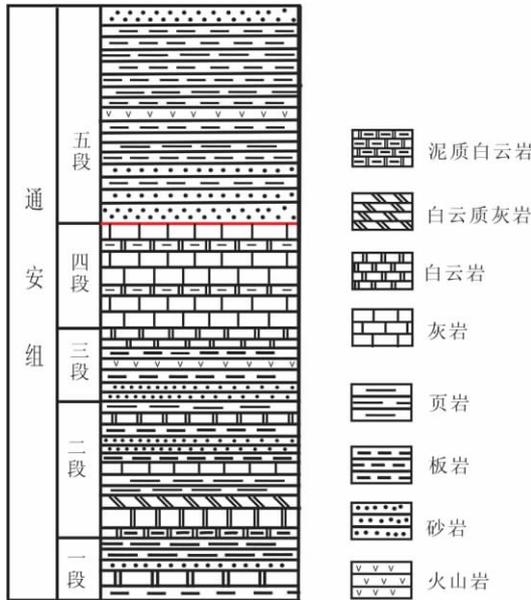


图 2 通安组地层柱状图(耿元生,2012)

Fig. 2 Stratigraphic column through the Tong'an Formation (after Geng Yuansheng, 2012)

通安组三段火山岩见于黎溪尘河、通安新铺子一带,为一套凝灰岩、凝灰质白云岩和板岩、细碧岩、角斑岩的火山-沉积建造,玄武岩见枕状构造。玄武岩具有高钛、高铁,钙、硅、钾略低的特点。里特曼指数 3.0 ~ 8.3,在硅-碱图上均投在碱性或强碱性岩区,但在 $w(Q^+)-w(Ol^-)-w(Ne^-)$ 图解上,则全部位于亚碱性系列区^[21]。

微量元素以富集大离子亲石元素为特征,Cr 含量极低($1.58 \times 10^{-6} \sim 11 \times 10^{-6}$),微量元素皮尔斯

标准化型式为“大隆起”型,为典型板内玄武岩的配分模式。在火山岩初始地幔微量元素蛛网图中,Rb、Th、Ta、Hf 强烈富集,但 Zr、Sm、Y 弱亏损,为火山弧碱性玄武岩。稀土元素总量变化较大, $w(\Sigma REE) = 141.12 \sim 1554.92$, $w(\Sigma Ce) / w(\Sigma Y) = 5.51 \sim 30.26$, $(La/Yb)_N = 7.70 \sim 124.68$, $(Ce/Yb)_N = 4.84 \sim 86.12$,具有轻稀土强烈富集特征。钕略显正异常, $\delta Eu = 1.01 \sim 1.03$, $\delta Ce = 0.79 \sim 0.87$,铈负异常亦不甚明显。为幔源型与大陆边缘型过渡类型,源区较深^[22,23],与大陆裂谷碱性玄武岩特征类似。赵彻终等^[21]据一些微量元素比值与投点表明这套火山岩形成于板内裂谷带,属洋壳性质。吴懋德^[16]也认为在许多方面仍然保持火山地堑的特征,喷溢流沉积和浊积岩系发育,时限为 1700 ~ 1400Ma。因而,总体表现为一种拉张型,形成于板内裂谷带,或属洋壳性质。

耿元生等(2012)在通安组三段凝灰质粉砂岩中获得了 2336Ma 和 1868Ma 两组碎屑锆石的峰值年龄,最年青 3 颗锆石的平均年龄为 1806Ma。获得顺层侵入到通安组三段的辉长-闪长岩岩脉两个样品的年龄分别为 1513Ma 和 1531Ma,表明通安组三段的形成要早于 1513Ma。但最近,尹福光等(2011b)也报道了通安组三段中凝灰岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 1270 ± 95 Ma,说明裂解事件可能延续到中元古代。

2. 汤丹古元古代裂谷

由汤丹群构成,岩石类型可划分为火山碎屑

岩、钠长岩及正常沉积的碳酸盐岩 3 类。自下而上可分为 4 个组: 洒海沟组为板岩、千枚岩, 下部夹白云岩。望厂组为薄-厚层石英砂岩夹板岩; 菜园湾组为灰白色、肉红色薄至厚层白云岩、白云质灰岩; 平顶山组为黑色碳质板岩, 夹黑色碳质泥质白云岩, 下部夹火山岩, 火山岩厚度变化很大^[8]。汤丹群的时代、成因争议较大^[5,9-10,12,16,25]。火山碎屑岩岩性主要为火山角砾岩、凝灰岩-沉凝灰岩、细碧岩。火山角砾岩分布于火山岩层下部, 呈似层状。火山角砾成分主要为含玻屑和石英、长石碎屑的浆屑。填隙物为凝灰质, 已强烈脱玻化为粘土矿物, 具残余玻屑、晶屑结构。与沉凝灰岩交互成层, 构成清晰的旋回或基本层序。沉凝灰岩见霏细-微晶结构, 石英、钠长石占 50% ~ 75%, 混入 25% 的微晶白云石。随着白云石、粘土、碎屑石英的增加, 沉凝灰岩就过渡成凝灰质白云岩。

钠长岩类呈脉状或小侵入体产出, 见于小溜口、燕子崖等地。一般宽数米, 最宽可达百余米。镜下见斑状结构, 钠长石组成斑晶和基质, 斑晶仅占 1% ~ 2%, 基质呈细粒半自形结构。

汤丹群火山岩岩石学特征主要表现为富钠、低钾、高铁、贫钙, 属于细碧角斑岩类海相喷发钠系火山岩。层状凝灰岩 SiO_2 变化范围为 61.92 ~ 69.26%。相当于中-酸性角斑质凝灰岩, 少数为酸性石英角斑质凝灰岩。火山岩含 Na_2O 6.75% ~ 9.1%。汤丹群下段稀土总量 (REE) 偏低, 且变化大 (61.99 ~ 133.19ppm), 略富轻稀土。LREE/HREE = 0.8438 ~ 0.7414, 以较大的 Eu 亏损为主要特征, 稀土元素模式曲线近似 V 形。汤丹群上段稀土总量较下段高 (134.61 ~ 248.8ppm), 轻稀土大于重稀土, 轻重稀土比值大 (3.499 ~ 5.277), 具较小 Eu 亏损, 稀土模式曲线向右倾。钠长岩稀土元素总量 257.07ppm, 均高于汤丹群上下段, 轻重稀土比值 1.4968, 有较大 Eu 亏损, 呈 V 形模式曲线, 为典型的海底喷发石英角斑火山岩系列, 具扩张背景下的洋盆环境。

周邦国^[24]在望厂组沉积砾岩中获得碎屑锆石最年青一组锆石的不一致曲线与谐和线上交点的²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄为 2317 ± 13 Ma, 加权平均年龄为 2299 ± 4 Ma (原作者认为是岩浆锆石), 可代表望厂组最大的沉积时限, 表明其形成于古元古代晚期-中元古代早期。继承性锆石年龄值主要集中在 2771 Ma 与 2947Ma 之间, 指示扬子地台西缘东川区存在 2800Ma 左右的陆壳。最老锆石点年龄值可达

3718 ± 108 Ma, 表明东川地区可能还存在着更古老的地壳。侵入汤丹群的辉绿岩中锆石的 SHRIMP U-Pb 年龄为 1676 ± 13 Ma^[28] 和 1690 ± 32 Ma^[29], 即辉绿岩侵入时代为古元古代末期。而断裂带菜园园地区出露橄榄岩、橄辉岩、辉绿岩(古元古代, 关俊雷等^[31], 2011)、玄武岩的蛇绿岩组合, 具有洋壳性质。橄榄岩的铂族元素地球化学特征类似于蛇绿岩套中的地幔残留橄榄岩。王康明等(2003)^[32]称之为菜园园混杂岩, 认为代表了洋壳。

3.2 拉拉古元古代裂谷

以河口群为代表, 主要出露在会理黎溪、河口一带, 为一套浅-中等变质的火山-沉积岩系, 以含钠质火山岩和富含铁、铜矿产为特征。发育 3 个火山喷发-沉积旋回, 从老至新分别为大营山组、落函组和长冲组, 每个旋回以正常沉积开始, 至火山喷发沉积结束而告终。河口群火山岩组合为钾细碧岩→细碧岩→钠角斑岩→钾角斑岩→石英角斑岩。钠长石是最主要成分, 其次为石英, 偶见极少量钾长石。钠长石的含量在 40% ~ 80% 范围内变化, 大多数可达 70% ~ 80%, 石英含量一般为 5% ~ 10%。副矿物主要有磁铁矿、磷灰石、榍石等。此外, 还见少量金云母、碳酸盐等后期蚀变矿物。岩石具残余霏细结构、似粗面结构, 以块状构造为主, 局部呈条纹状构造。

据赵彻终等^[21]统计 67 件样品的化学分析数据表明, 绝大多数细碧岩类和大多数角斑岩类均为碱性-强碱性。在硅碱图上绝大多数落在碱性和强碱性玄武岩系列区。系列岩石化学图解分析表明河口群火山岩应为碱性+拉斑玄武岩系列, 总体显示板内玄武岩特征, 为陆壳分裂背景下形成的产物。另据稀土资料, $w(\text{Sm})/w(\text{Nd}) = 0.224 \sim 0.34$, 平均 0.288, 与大洋玄武岩 (0.234 ~ 0.425) 相当, 说明裂谷已达相当程度, 接近陆间裂谷。刘肇昌等^[8]认为是河口期在康滇运动南北向拉张作用下, 原始结晶基底发生裂解, 拉拉地区形成近东西向的裂谷盆地, 盆地内堆积了河口群。凌文黎^[33]认为古元古代晚期 (2.0 ~ 1.85Ga), 整个扬子克拉通范围内发生了强烈的构造热事件, 并可能存在一定规模的幔源岩浆底侵作用。拉拉地区河口群火山岩形成年龄大约为 2000 ~ 1700Ma^[9,34]。岩石为碱性玄武岩成分, 富钠、轻稀土和强不相容元素, 具有较高的 Ba、Rb、U、Th 等元素含量, 较陡的 REE 分布型式和“驼峰”状微量元素原始地幔标准化分配型式, 以及缺乏 Nb、Ta 负异常, 与大陆玄武岩十分吻合。HFSE

比值成分点几乎全落在 EM1 型富集地幔和 EM2 型富集地幔之间,落入洋岛玄武岩(OIB)范围,岩石形成于板内裂谷环境。这些主量元素、微量元素、稀土元素地球化学特征以及岩石年龄研究表明,河口群火山岩属于海底喷发的碱性和碱-拉斑系列,形成于陆间裂谷或坳拉槽环境。

在河口群上部,获得钠长浅粒岩 $1987 \pm 8\text{Ma}$ 的颗粒锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄值^[15]及 1712Ma 的锆石 U-Pb 模式年龄^[9]。一些研究者^[8,20]认为河口群时限为 $1950 \sim 1700\text{Ma}$ 。近期的研究者^[35]在碎屑锆石中获取的最年青的年龄为 $1400 \pm 8\text{Ma}$,可能代表了变质年龄;次新的为 $1825 \pm 13\text{Ma}$,代表了河口群的成岩年龄。四川会理地区河口群由群内的石英砂岩锆石年龄(最年青的一组为 1817Ma)和石英角斑岩锆石年龄(1722Ma)限定为古元古代晚期火山-沉积地层^[27]。

3.3 大红山洋盆

大红山群于 1973 年由云南省地质科学研究所创名,出露于云南新平大红山地区,也是一套浅-中等变质的富钠质火山-沉积岩。大红山群从下到上可划分为 6 个组:底巴都组、老厂河组、曼岗河组、红山组、肥味河组、坡头组。其中红山组为主要含矿层位,岩性特征为细碧岩、角斑岩、石榴黑云角闪片岩、大理岩和变钠质熔岩,是一套火山-沉积岩系特征。

欧阳沙怀^[38](1983)将大红山群由下而上可分为 4 个部分:(1)以变钠质沉凝灰岩、凝灰熔岩为主的海底喷发火山岩建造;凝灰熔岩中具杏仁构造;(2)为含方柱石、块状和条纹条带状白云石大理岩;(3)主要为含正常沉积物质的沉凝灰岩、石榴子石白云石绿泥片岩。上部逐渐过渡为略含火山物质的块状、条纹条带状白云石大理岩;(4)为条纹条带状白云石大理岩和块状石英白云石大理岩与碳质板岩互层。上述岩性段内,均见火山作用期后的复杂岩浆活动。有酸性(石英钠长斑岩)、中酸性偏碱(变钠长岩)、基偏碱性(辉长,辉绿岩)等岩石。其岩性在火山口附近,由下往上开始是火山碎屑岩、包括角斑质、细碧质的火山集块岩、火山角砾岩、凝灰岩等,继之为变钠熔岩。远离火山口则正常碎屑物增多,最后过渡为白云质大理岩。熔岩具粗面、粒状结构,以块状构造为主,其次为流纹构造、流线构造、杏仁构造,与火山中心及火山管内的次火山岩呈渐变关系。次火山岩具变余交织结构、粒状结构,块状构造为主,偶见杏仁构造。次火山

作用的晚期岩浆性质向基性转化,故有辉绿岩呈超浅成侵入,岩石具有明显的辉绿结构,偶见杏仁构造。且含较多的绿泥石、角闪石、黑云母等暗色矿物,但主要矿物是钠长石。

Greentree 等^[35]获得凝灰岩锆石 SHRIMP $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 年龄为 $1675 \pm 8\text{Ma}$,沉积岩碎屑锆石 SHRIMP 和 LAM ICP-MS U-Pb 年龄为 $2780 \sim 1860\text{Ma}$ 。沉积岩的物源来自于晚古元古代至早元古代。

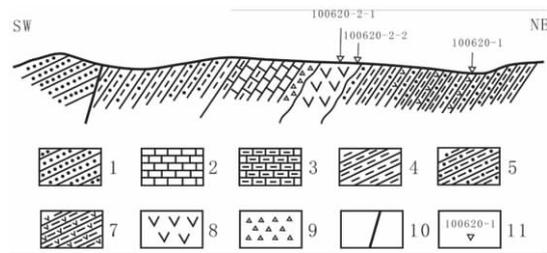


图3 通安地区采样位置附近示意剖面

1. 侏罗系红色砂岩;2. 通安组灰岩;3. 通安组泥灰岩;4. 通安组泥质板岩;5. 通安组粉砂质板岩;6. 沉凝灰岩;7. 辉长辉绿岩;8. 破碎带;9. 断裂;10. 采样点及样品编号

Fig. 3 Constructed profile showing the rock associations and sampling sites in the Tong'an region

1 = Jurassic red sandstone; 2 = limestone in the Tong'an Formation; 3 = marl in the Tong'an Formation; 4 = argillaceous slate in the Tong'an Formation; 5 = silty slate in the Tong'an Formation; 6 = sedimentary tuff; 7 = gabbro-diorite; 8 = fracture zone; 9 = fault; 10 = sampling site

3.4 东川早元古代早期克拉通边缘裂谷盆地

以东川群为代表,主要出露于云南东川因民-落雪地区,可分为 4 个组。自下而上,因民组以紫红色砂岩、板岩互层为特征,底部为砾岩;落雪组为白云岩;黑山组下部为白云岩或灰岩,中-上部为碳质板岩及碳质灰岩夹沉凝灰岩;青龙山组为中厚层-块状白云岩和白云质灰岩。

黑山组上下段为黑色板岩,中部为具浊流成因的灰色厚层块状变凝灰质砾岩与含砾凝灰质砂岩,变晶屑凝灰岩,条带状含砾凝灰质板岩等互层。砾石成份主要有杏仁状、致密状、斑状玄武岩和安山岩。其次夹有喷溢流成因的条带状砂屑灰岩、泥质粉砂岩、粉砂质板岩等。从其上下地层沉积岩岩石、沉积相组合特征看,其沉积构造背景应为被动陆缘下的拉张环境^[22-23]。Zr/TiO₂-Nb/Y 岩石分类图解中,黑山组火山岩投点于碧玄岩区,与主元素所显示的结果相同。在火山岩初始地幔微量元素蛛网图中,呈双“隆起”型,Rb、Th 强烈富集,Ba、Zr 强烈亏损,Y、Yb 弱亏损,表现为过渡型钙碱性-碱

性、更偏碱性火山岩。稀土元素配分曲线是轻稀土富集,右倾型,无 Eu 异常,为部分熔融作用所形成,其源区岩石为榴辉岩,显示为大陆边缘型火山岩^[22-23]。

东川群黑山组凝灰中岩浆锆石的 SHRIMP U-Pb 年龄为 $1503 \pm 17\text{Ma}$ ^[30]。

3.5 基性岩墙群

欧阳沙怀^[36]、Zhao^[29]、耿元生^[6-7,41]、王冬兵^[27]等一致认为在扬子陆块西缘有侵入早元古代地层的基性岩墙群、层状侵入体。基性岩墙群的形成常与裂谷主要阶段的基性火山作用和层状侵入体的侵入同时发生。基性岩墙群的活动提供了可靠的大陆裂谷初始阶段形成的时间标志。

王冬兵^[27]研究发现侵入到通安组内、被震旦纪白云岩不整合覆盖的基性侵入岩-辉长岩($N26^{\circ}19'44''$, $E102^{\circ}22'49.6''$)没有变质、变形,整体较新鲜。主要矿物为蚀变斜长石(约 50%)、单斜辉石(35%~40%)、绿帘-绿泥石(5%~10%)、磁铁矿(2%~3%),具有粗中粒辉长结构、辉长-辉绿结构。辉长岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素测年,所有测试点均分布在²⁰⁶Pb/²³⁸U-²⁰⁷Pb/²³⁵U 谐和线上,22 个分析点的²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄加权平均值为 $1694 \pm 16\text{Ma}$ (MSWD=0.9, n=22)。

4 中-新元古代碰撞造山作用

自上世纪 70 年代以来,围绕上扬子陆块西缘广泛发育的古老基底岩系的沉积特征、变形变质、含(富)矿性地层、构造演化以及区域地层-构造格架建立等问题已经陆续部署并开展了系列工作。就上扬子陆块西南缘而言,前人研究资料表明,在 1800Ma、1300Ma 和 1000Ma 3 个时间段内,广泛展布着变形、隆起与区域不整合面^[37],与其对应的 3 次碰撞造山运动分别被命名为大红山运动^[18]、三风口运动(廖光宇,1980;廖光宇等,1988)和满银沟运动^[14],并伴有相应的造山火山岩事件^[38](廖光宇等,1988)。许多学者分别从地球化学^[8,39-41]、沉积学^[22-23,42]、同位素年代学等方面^[22-23,26,30,35,38,43]证实了这 3 次造山运动。多数学者也都认为是中-新元古代造山带(四堡期),与全球性 Grenville 期造山活动有关。

5 讨论

5.1 扬子陆块 Columbia 超大陆的存议

扬子陆块是否是 Columbia 超大陆一部分,还存

在争议,但也得到一些认可。前人研究表明扬子陆块存在 1.8~2.0Ga 构造热事件的年代学记录。尽管对上扬子古大陆古元古代晚期大地构造格架,即碰撞造山带的位置、范围及精细年代结构尚有不同认识,但对这一时期的造山运动大致发生在 2.0~1.8Ga 期间或 1.9Ga 前后则是没有很大分歧的。如凌文黎等^[44] Sm-Nd 同位素年代学研究表明,扬子克拉通黄陵地区崆岭杂岩中斜长角闪岩和 TTG 片麻岩的成岩年龄分别为 2742Ma 和 2728Ma。TTG 片麻岩具较老的 TDM 值和负的 $\epsilon\text{Nd}(T)$ 值,暗示在其形成之前,扬子克拉通可能已存在更古老的地壳物质。马大铨等(1997)在崆岭杂岩下部基底片麻岩获得 Sm-Nd 等时线年龄 $3290 \pm 170\text{Ma}$ (2σ)。上部的变粒岩和斜长角闪岩分别获得锆石 U-Pb 一致曲线年龄为 $2427 \pm 42\text{Ma}$ (2σ) 和 $2031 \pm 4\text{Ma}$ (2σ)。高山等^[45]获得的崆岭群 TTG 片麻岩的 U-Pb 锆石年龄为 $2850 \pm 15\text{Ma}$,高山等^[46]对崆岭高级变质地体主体奥长花岗片麻岩两个样品和不具 Eu 异常的变碎屑沉积岩两个样品单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 原位定年结果,揭示出奥长花岗岩浆的侵入年龄为 2947~2903Ma。在变沉积岩中发现了年龄为 3.3Ga 的碎屑锆石,直接证明扬子克拉通曾存在古太古代陆壳物质,不具 Eu 异常变碎屑沉积岩的亏损地幔 Nd 模式年龄 (TDM = 3.2-3.3Ga) 进一步证明了这一点。

凌文黎等^[44]认为后河群混合岩化变质作用发生于 214Ma。赵风清等^[47]认为崆岭杂岩主体由 TTG 和变质表壳岩组成,是华南出露时代最老的结晶基底。崆岭杂岩中以钾长花岗质脉体为代表混合岩化作用普遍发育,单颗粒锆石 U-Pb 测年方法获得的年龄为 $(1803 \pm 30)\text{Ma}$,表明崆岭杂岩遭受了吕梁运动构造岩浆热事件的改造。Qiu 等人^[48]在崆岭地区奥长花岗岩和副片麻岩的变质锆石中获得了 ~1.9Ga 的 SHRIMP 谐和年龄;Wu 等人从崆岭地体的变质岩系中获得 1.9~2.0Ga 的变质事件年龄。

另一个重要的信息是,这些具有古元古代年龄的锆石的 Hf 同位素主要为负值,指示它们是早期地壳物质再循环的结果;具有太古宙年龄的锆石 Hf 同位素有负有正,指示扬子西缘在太古宙时期既有地壳物质再循环也有新生地壳的生长^[27,50]。太古宙-古元古代碎屑或捕获锆石的广泛出现及其 Hf 同位素特征表明太古宙-古元古代陆壳组分的存在,为扬子陆块西缘后期褶皱基底的形成提供了重要

的物质基础。

王冬兵^[27] 研究结果显示, 扬子陆块西缘发育时代为 $1694 \pm 16\text{Ma}$ 的基性侵入岩, 表明该时期扬子陆块地壳已经固化并且具备足够的刚性特征, 以致能产生大规模的脆性破裂, 进而导致地幔基性岩浆能够沿其侵入形成大量的基性岩脉、岩墙, 因此认为扬子陆块西缘存在太古宙 - 古元古代的结晶基底。

像 Hoffman 所总结的那样, 这一时限的造山运动是一次重要的超大陆地质事件, 无疑其中也应包括上扬子古陆块的造山运动, 在华北古陆块上表现为吕梁(中条)造山运动^[11]。

5.2 Columbia 超大陆裂解作用在扬子陆块的响应

此外, 在超大陆众多块体上 $1.6 \sim 1.3\text{Ga}$ 的后造山(post-orogenic) 和非造山(anorogenic) 岩浆活动也是很强烈的。例如北美花岗岩流纹岩地体(1.4Ga)^[51]、东印裂谷和边缘盆地中的不连续的花岗岩流纹岩地体(1.5Ga)^[52]、北美北部和南波罗的大陆上的斜长岩(anorthosites)、纹长二长岩(mangerites)、紫苏花岗岩(charnockites)、奥长环斑花岗岩(rapakivi granites)、等深成侵入体(AMCG) ($1.6 \sim 1.4\text{Ma}$)^[53,54]、亚马逊的 Rondonian 含“锡”花岗岩($1.6 \sim 1.3\text{Ga}$)^[17]、北美 Mackenzie 岩墙群(1.3Ga)^[55]、西澳 Gnowangerup 岩墙群(1.3Ga)、格陵兰南部 Gardar 碱性岩套($1.3 \sim 1.2\text{Ga}$)^[56] 和印度东北部的 Dalma 岩浆岩(1.6Ga)^[54] 等。然而, 扬子陆块上与 Columbia 超大陆裂解有关的后造山与非造山的岩浆活动的地质记录却鲜有报道。彭敏^[56] 等对侵位于湖北宜昌崆岭杂岩中的圈椅墙 A 型花岗岩($1854 \pm 17\text{Ma}$) 做了详细的年代学和地球化学研究, 认为其是在 Columbia 超大陆聚合之后一裂解之前的期间, 扬子北部形成的碰撞造山带在大陆岩石圈的伸展作用下, 引起深部太古宙地壳在后造山的伸展环境中发生拉张垮塌所熔融产生的花岗岩。彭敏等^[56] 报道了扬子崆岭高级变质地体古元古代基性岩脉的侵入年龄为 $1852 \pm 11\text{Ma}$, 认为系碰撞后伸展环境下的产物, 指示在约 1.85Ga 扬子陆块发生了由碰撞挤压向伸展作用的构造转换。

据刘肇昌等的研究, 龙门山-安宁河断裂带是元古代扬子原地块的西界。中元古代是扬子地块西部大陆边缘岩石圈伸展裂陷作用广泛发育的时期, 在此期间沿龙门山-安宁河断裂带发育了古大洋, 其东侧则发育了扬子地块西部被动大陆边缘裂谷系,

包括一系列走向东西的坳拉槽和走向南北的陆架裂陷。东西向的坳拉槽从北向南发育了小关河-莱子园-东川、拉拉、大红山坳拉槽。陆架裂陷只在因民发育, 为东川群($1503 \pm 17\text{Ma}$)^[30]。尽管晚古元古代造山带在各个大陆上的分布是如此广泛, 但大陆间造山带存在的证据却非常有限。可能的证据来自北美西缘、印度东部、西澳南部和东南极的相邻地区, 沿着 Ur 和 Nena 大陆块群边缘的缝合事件早于 $1.5 \sim 1.4\text{Ga}$ 期间发生的裂解事件; 格陵兰的 Ketilidian 火成岩省和 Labrador(拉布拉多) Makkovik 火成岩省中大量的岩基主要形成于 $1.8 \sim 1.6\text{Ga}$; 亚马逊西部也已经成广阔的盆地和线性裂谷, 其形成的时间大约在 1.3Ga 或 1.5Ga 以前。这些裂谷穿越印度东部大陆边缘, 其中 Mahanadi 裂谷可能通过 Lambert 裂谷与南极相连^[56]。北美西缘至少有 3 条中元古代裂谷^[57], 其中 Belt、Purcell 盆地的裂谷始于 1.47Ga 前^[58]。印度和北美裂谷系可对比的证据来自裂谷启动的时间均为 1.5Ga 左右, 以及印度东南极上的 Mahanadi-Lambert 裂谷与印度 Godavari 裂谷之间的距离及北美西缘 Belt 与 Uinta 裂谷之间的距离相等, 均为 500km 左右, 因此 Mahanadi-Lambert 裂谷与 Belt 裂谷可以对比, 而 Godavari 裂谷则与 Uinta 裂谷相当。扬子陆块西缘哥伦比亚超大陆的裂解开始于 $1.6 \sim 1.4\text{Ga}$, 在莱子园形成蛇绿岩, 证明了古元古代洋的存在。

上扬子古陆块西缘 1.7Ga 的基性岩墙群十分发育, 其应是探讨古大陆块体之间亲缘关系的另一个重要依据。这一时期的基性岩墙群尚未在其它大陆发现^[58], 但北美西北部 Mackenzie 基性岩墙群研究程度较高, 且从斜锆石中获得的高精度 U-Pb 年龄为 $1267 \pm 2\text{Ma}$ ^[59], 这一时期的基性岩墙群可能在上扬子古陆块也有活动。扬子陆块西缘会理地区辉长岩侵位年龄为 $1694 \pm 16\text{Ma}$, 明显晚于扬子陆块上记录的 Columbia 超大陆形成时碰撞造山事件发生的时间, 也晚于由碰撞挤压到伸展构造转换的时间, 因而可能是 Columbia 超大陆裂解期地壳在伸展构造环境下幔源岩浆沿张性断裂侵入的产物。扬子陆块西缘中元古代地层内发育的基性岩脉、岩墙可能是 Columbia 超大陆裂解作用在扬子陆块的响应。

6 结论

本文从岩石学、地球化学、沉积学证据, 结合构造环境分析, 论述了上扬子古陆块从 2.0Ga 至

1.4Ga 期间地质历史演化特点,包括:(1)约 2.2 ~ 1.8Ga 的造山运动;(2)约 1.7 ~ 1.5Ga 发生的非造山裂解事件群;(3)约 1.5 ~ 1.2Ga 发生的陆架裂陷事件;(4)约 1.0Ga 发生的碰撞造山事件。与北美、西伯利亚、波罗的和印度具有相似性。因此,上扬子古陆可能是古元古-中元古代哥伦比亚超大陆中的组成部分。Rogers 等强调哥伦比亚超大陆最终聚合的时间为 1.5Ga。而在上扬子古陆块,极好地保存了 1.7Ga 前后的一系列非造山裂解事件的地质记录,为探讨上扬子古陆块与其它古大陆之间的关系提供了重要的科学依据。

参考文献:

- [1] ROGERS J J W. A history of continents in past three billion years [J]. *J. Geol.*, 1996, 104: 91 - 107.
- [2] ROGERS J J W, SANTOSH M, YOSHIDA M. Mesoproterozoic Supercontinent (Call for papers) [J]. *Gondwana Research*, 2000, (4): 590 - 591.
- [3] ROGERS J J W, SANTOSH M. Configuration of Columbia, a Mesoproterozoic Supercontinent [J]. *Gondwana Research*, 2002, 5 (1): 5 - 22.
- [4] 陈智梁,陈世瑜. 扬子地块西缘地质构造演化 [M]. 重庆: 重庆出版社, 1987. 9 - 49.
- [5] 戴恒贵. 康滇地区昆阳群和会理群地层、构造及找矿靶区研究 [J]. *云南地质*, 1997, 16(1): 1 - 39.
- [6] 耿元生,杨崇辉,王新社,等. 扬子地台西缘结晶基底的时代 [J]. *高校地质学报*, 2007, 13(3): 429 - 441.
- [7] 耿元生,杨崇辉,王新社,等. 扬子地台西缘变质基底演化 [J]. 北京: 地质出版社, 2008. 1 - 202.
- [8] 刘肇昌,李凡友,钟康惠,等. 扬子地台西缘构造演化与成矿 [M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1996. 5 - 165.
- [9] 李复汉,王福星,申玉连,等. 康滇地区的前震旦系 [M]. 重庆: 重庆出版社, 1988. 1 - 214.
- [10] 李希勤,吴懋德,段锦荪. 昆阳群层序及顶底问题 [J]. *地质论评*, 1984, 30(5): 399 - 408.
- [11] 陆松年,杨春亮,李怀坤,等. 华北古大陆与哥伦比亚超大陆 [J]. *地学前缘*, 2002, 9(9): 226 - 233.
- [12] 吕世琨,戴恒贵. 康滇地区建立昆阳群(会理群)层序的回顾和重要赋矿层位的发现 [J]. *云南地质*, 2001, 20(1): 1 - 24.
- [13] 柳小明,高山,凌文黎,等. 扬子克拉通 35 亿年碎屑锆石的发现及其地质意义 [J]. *自然科学进展*, 2005, 15(1): 1334 - 1337.
- [14] 申玉连. “满银沟运动”的地质特征 [J]. *西南地质科技情报 [内部印刷]*, 1973, 1: 2 - 4.
- [15] 吴根耀. 从关键地质事件看华南的前寒武系划分 [J]. *地层学杂志*, 2006, 30(3): 271 - 286.
- [16] 吴懋德,段锦荪,宋学良. 云南昆阳群地质 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1990. 1 - 265.
- [17] 吴健民,黄永平,刘肇昌. 扬子地台西缘海相火山岩建造及其控矿特征 [J]. *矿床地质*, 1998, 17(4): 322 - 329.
- [18] 谢振西. 大红山与拉拉地区的地层对比 [J]. *西南地质科技情报 [内部印刷]*, 1973, 1: 5 - 7.
- [19] 颜丹平,周美夫,宋鸿林, MALPAS J. 华南在 Rodinia 古陆块位置的讨论: 扬子地块西缘变质岩浆杂岩证据及其与 Seychelles 地块的对比 [J]. *地学前缘*, 2002, 9(4): 249 - 256.
- [20] 袁海华,张树华,张平. 康滇地轴基底时代的初步轮廓 [A]. 张云湘,刘秉光. 中国攀西裂谷文集 (1) [C]. 北京: 地质出版社, 1985. 241 - 257.
- [21] 赵彻终,刘肇昌,李凡友. 会理-东川元古代海相火山岩带的特征与形成环境 [J]. *矿物岩石*, 1999, 19(2): 17 - 24.
- [22] 尹福光,孙志明,白建科. 东川、滇中地区中元古代地层格架 [J]. *地层学杂志*, 2011a, 35(1): 49 - 54.
- [23] 尹福光,孙志明,张璋. 会理-东川地区中元古代地层-构造格架 [J]. *地质论评*, 2011b, 57(6): 770 - 778.
- [24] 周邦国,王生伟,孙晓明,等. 云南东川望厂组熔结凝灰岩锆石 SHRIMP-U-Pb 年龄及其意义 [J]. *地质论评*, 1959, 58(2): 359 - 368.
- [25] 花友仁. 对东川铜矿地层划分和区域构造的探讨 [J]. *地质论评*, 1959, 19(4): 23 - 27.
- [26] GREENTREE M R, LI ZHENGXIANG. The oldest known rocks in southwestern China: SHRIMP U-Pb magmatic crystallisation age and detrital provenance analysis of the Paleoproterozoic Dahongshan Group [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2008, 33, 289 - 302.
- [27] 王冬兵,孙志明,尹福光,等. 扬子地块西缘河口群的时代: 来自火山岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄的证据 [J]. *地层学杂志*, 2012, 36: 71 - 76.
- [28] 朱华平,周邦国,王生伟,等. 扬子地台西缘康滇克拉通中碎屑锆石的 LA-ICP-MS U-Pb 定年及其地质意义 [J]. *矿物岩石*, 2002, 31(1): 70 - 74.
- [29] ZHAO XINFU, ZHOU MEIFU, LI JIANWEI et al. Late Paleoproterozoic to early Mesoproterozoic Dongchuan Group in Yunnan, SW China: Implications for tectonic evolution of the Yangtze Block [J]. *Precambrian Research*, 2010, 182: 57 - 69.
- [30] 孙志明,尹福光,关俊雷,等. 云南东川地区昆阳群黑山组凝灰岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质学意义 [J]. *地质通报*, 2009, 28(7): 896 - 900.
- [31] 关俊雷,郑来林,刘建辉,等. 四川省会理县河口地区辉绿岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. *地质学报*, 2011, 85(4): 482 - 490.
- [32] 王康明,阚泽忠. 扬子地台西南缘基底组成及演化 [A]. 中国地质调查局主编. 二十世纪末中国区域地质调查与研究进展 [C]. 北京: 地质出版社, 2003. 640 - 652.
- [33] 凌文黎. 扬子克拉通北缘元古宙基底同位素地质年代学和地壳增生历史: 后河群和西乡群 [J]. *地球科学-中国地质大学学报*, 1996, (5): 23 - 36.
- [34] 陈好寿,冉崇英. 康滇地轴铜矿床同位素地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 1992. 7 - 74.
- [35] GREENTREE M R, ZHENG-XIANG LI, XIAN-HUA LI, HUAICHU WU. Late Mesoproterozoic to earliest Neoproterozoic basin record of the Sibao orogenesis in western South China and relationship to the assembly of Rodinia [J]. *Precambrian Research*, 2006, 151,

- 79 - 100.
- [36] 欧阳沙怀. 云南大红山铜、铁矿床主要地质特征和矿床成因探讨[J]. 大地构造与成矿学, 1983, 7(4): 335 - 344.
- [37] LI XIANHUA. U-Pb zircon ages of granites from the southern margin of the Yangtze Block: timing of Neoproterozoic Jinning Orogeny in SE China and implications for Rodinia assembly [J]. *Precambrian Research*, 1999, 97: 43 - 57.
- [38] 张传恒, 高林志, 武振杰, 等. 滇中昆阳群凝灰岩锆石 SHRIMP-Pb 年龄: 华南格林威尔期造山的证据 [J]. 科学通报, 2007, 52(7): 818 - 824.
- [39] 吴根耀. 天宝山组地层问题初议 [J]. 地质学杂志, 1986, 10(03): 161 - 168.
- [40] 吴根耀. 天宝山组火山岩形成的大地构造环境 [J]. 大自然探索, 1987, 6(2): 115 - 124.
- [41] 耿元生, 杨崇辉, 杜利林, 等. 天宝山组形成时代和形成环境—锆石 SHRIMP U-Pb 年龄和地球化学证据 [J]. 地质论评, 2007a, 53(4): 556 - 563.
- [42] 牟传龙, 林仕良, 余谦. 四川会理-会东及邻区中元古界昆阳群沉积特征及演化 [J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(1): 44 - 51.
- [43] 杨崇辉, 耿元生, 杜利林, 等. 扬子地块西缘 Grenville 期花岗岩的厘定及其地质意义 [J]. 中国地质, 2009, 36(3): 647 - 657.
- [44] 凌文黎, 高山, 郑海飞, 等. 扬子克拉通黄陵地区崆岭杂岩 Sm-Nd 同位素地质年代学研究 [J]. 科学通报, 1998, 43(1): 86 - 89.
- [45] 高山, QIU Y M, 凌文黎, MCNAUGHTON N J, GROVES D I. 崆岭高级变质地体单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究—扬子克拉通 > 3.2 Ga 陆壳物质的发现 [J]. 中国科学 D 辑, 2001, 31(1): 27 - 35.
- [46] 高山, 张本仁. 扬子地台北部太古宙 TTG 片麻岩的发现及其意义 [J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1990, 15(6): 675 - 679.
- [47] 赵风清, 赵文平, 左义成, 李宗会. 崆岭杂岩中混合岩的锆石 U-Pb 年龄 [J]. 地质调查与研究, 2006, 2: 23 - 31.
- [48] QIU Y M, GAO S, MCNAUGHTON N J, et al. First evidence of >3.2 Ga continental crust in the Yangtze craton of south China and its implications for Archean crustal evolution and Phanerozoic tectonics [J]. *Geology*, 2000, 28: 11 - 14.
- [49] SUN W H, ZHOU M F, GAO J F, et al. Detrital zircon U-Pb geochronological and Lu-Hf isotopic constraints on the Precambrian magmatic and crustal evolution of the western Yangtze Block, SW China [J]. *Precambrian Research*, 2009, 172: 99 - 126.
- [50] ANDERSON J L, CULLERS R L. Paleo- and Mesoproterozoic granite plutonism of Colorado and Wyoming [J]. *Rocky Mountain Geology*, 1999, 34: 149 - 164.
- [51] PUURA V, FALODEN T. Rapakivi-granite-anorthosite magmatism: a way of thinning and stabilization of the Svecofennian crust, Baltic, Sea basin [J]. *Tectonophysics*, 1999, 305: 75 - 92.
- [52] AHALL K I, CONNELL Y J N, BREWER T S. Episodic rapakivi magmatism due to distal orogenesis: correlation of 1.69 - 1.50 Ga orogenic and inboard "anorogenic" events in the Baltic shield [J]. *Geology*, 2000, 28: 823 - 826.
- [53] BETTENCOURT J S, TOSDAL R M, L EITE W B, et al. Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rondonia tin province, southwestern border of the Amazonian craton, Brazil: I. Reconnaissance U-Pb geochronology and regional implications [J]. *Precambrian Research*, 1999, 95: 41 - 67.
- [54] LECHÉMINANT A N, HEAMAN L M. Mackenzie igneous events, Canada: Middle Proterozoic hotspot magmatism associated with ocean opening [J]. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 1989, 69: 169 - 191.
- [55] ROY A, SARKAR A, J EYAKUMAR S, et al. Mid-Proterozoic plume related thermal event in eastern Indian craton: evidence from trace elements, REE geochemistry and Sr-Nd isotope systematics of basic-ultrabasic intrusives from Dalma volcanic belt [J]. *Gondwana Research*, 2002, 5: 133 - 146.
- [56] 彭敏, 吴元保, 汪晶, 等. 扬子崆岭高级变质地体元古代基性岩脉的发现及其意义 [J]. 科学通报, 2009, 54(5): 641 - 647.
- [57] MISHRA D C, CHANDRA SEKHAR D CH, VENKATA RAJU V, et al. Crustal structure based on gravity-magnetic modelling constrained from seismic studies under Lambert rift, Antarctic and Godavari and Mahanadi rifts, India and their interrelationship [J]. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 1999, 172: 287 - 300.
- [58] LINK P K, CHRISTIE B L, ICK N, DEVLIN W J, et al. Middle and later proterozoic stratified rocks of the western U. S. Cordillera, Colorado Plateau, and basin and Range province [J]. *The Geology of North America*, 1993, C22: 463 - 595.
- [59] SEARS J W, CHAMBERLAIN K R, BUCKLEY S N. Structural and U-Pb geochronological evidence for 1.47 Ga rifting in the Belt basin, western Montana [J]. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 1998, 35: 467 - 475.

Columbia supercontinent: New insights from the western margin of the Yangtze landmass

YIN Fu-guang, WANG Dong-bing, SUN Zhi-ming, REN Guang-ming, PANG Wei-hua
(*Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China*)

Abstract: Three suites of epimetamorphic rock series dated at 1.6 – 1.8 Ga (Statherian of the Palaeoproterozoic) are cropped out in the Lala, Xiaoguanhe–Dongchuan and Dahongshan areas on the western margin of the Yangtze landmass, named the Hekou Group, Tong’an Formation–Tangdan Group–Dongchuan Group, and Dahongshan Group, respectively. The evolution of geologic history of the above-mentioned rock series from 2.0 Ga to 1.4 Ga went through: (1) orogenic movements at ca. 2.2 – 1.8 Ga; (2) anorogenic splitting event groups at ca. 1.7 – 1.5 Ga; (3) penetrating of basic dike swarms and stratified intrusions into the Palaeoproterozoic strata at ca. 1.7 – 1.5 Ga; (4) shelf rifting events in the Yinmin–Luoxue zone at ca. 1.5 – 1.2 Ga, and (5) collision-orogenic events on the western margin of the upper Yangtze landmass around 1.0 Ga. The emphasis in the present paper focuses on the nature, characteristics and isotopic dating data for the 1.8 – 1.6 Ga pervasive shelf rifting events on the western margin of the Yangtze landmass, which may well be compared with the nature, characteristics and age determinations for North China, North America, Siberia and Northwest Europe, and thus have provided evidences in favour of the unity of the Yangtze landmass with other continental masses during the Palaeoproterozoic.

Key words: western margin of the Yangtze landmass; Columbia supercontinent; Palaeoproterozoic; assembly and breakup